

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.А. Бойко  
подпись                      инициалы, фамилия  
«                      »                      2018 г.

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1 Аналитические данные по аварийности на электростанциях ЕЭС России с установленной мощностью 25 МВт и более.....	8
1.1 Сведения об аварийности на предприятиях ООО "Сибирская генерирующая компания" .....	12
1.2 Основные причины приводящие к авариям на котельных установках.....	15
1.3 Выводы.....	17
2 Система технического обслуживания и проведения планово - предупредительных ремонтов ТЭС.....	18
2.1 Достоинства и недостатки системы ППР ТОиР.....	18
2.2 Описание текущего процесса ТО и Р, контроллинг производственно - хозяйственной деятельности.....	20
2.3 Основные причины создания и перехода на использование программных комплексов в системе организации и проведения технического обслуживания и ремонта оборудования ТЭС.....	21
2.3.1. Сравнительные практики применения программных комплексов в системе ТОиР ТЭС.....	22
2.3.1.1. Система управления ТОРО на основе модуля SAP ERP.....	23
2.3.1.2. Система управления ТОРО на базе Microsoft Dynamics Ax.....	25
2.3.1.3. Система управления ТОРО на основе специализированной ЕАМ-системы (наиболее распространена как «1С: ТОИР») .....	27
2.4 Информационные экспертно-аналитические системы контроля технического состояния ТЭС (применительно к котельным установкам, переход от моделей реагирования к моделям прогнозирования).....	28
2.5 Матрица экспертной системы контроля.....	32
2.6 Выводы.....	38
3 Проектирование информационной экспертно - аналитической системы технического обслуживания и ремонта.....	40
3.1 Описание программного комплекса ЭИС.....	40
3.1.1 Обзорщик объектов.....	44
3.1.2 Общий вид.....	44
3.1.3 Добавление объекта.....	45
3.1.4 Удаление объекта.....	46
3.1.5 Поиск объекта.....	46
3.1.6 Наполнение объекта данными.....	47

3.1.7 Редактирование графических данных объекта.....	48
3.1.8 Предварительный просмотр объектов.....	49
3.1.9 Печать объектов.....	50
3.1.10 Экспорт объектов.....	50
3.2 Назначение задания.....	50
3.2.1 Обозреватель заданий.....	51
3.2.2 Справочник значений.....	52
3.2.3 Общий вид.....	52
3.2.4 Создание нового элемента.....	54
3.2.5 Изменение элемента.....	54
3.2.6 Удаление элемента.....	55
3.2.7 Поиск элемента в дереве значений.....	55
3.3 Справочник метаданных.....	55
3.3.1 Общий вид.....	56
3.3.2 Добавление новой метаданной.....	58
3.3.3 Изменение позиции метаданной.....	59
3.3.4 Изменение значения свойств метаданной.....	59
3.3.5 Удаление метаданной.....	59
3.3.6 Поиск метаданной по имени.....	60
3.4 Редактор шаблонов объектов.....	60
3.4.1 Общий вид.....	60
3.4.2 Добавление шаблона объекта.....	62
3.4.3 Удаление шаблона объекта.....	63
3.4.4 Поиск шаблона объекта.....	63
3.4.5 Редактирование шаблона объекта.....	64
3.5 Выводы.....	65
4 Расчёт энергоэффективности затрат.....	65
4.1 Техничко - экономические показатели в результате внедрения энергосберегающих мероприятий на ТЭС.....	66
4.2 Предотвращение снижения балансовой прибыли вследствие повышения надёжности оборудования ТЭС.....	67
4.2.1 Расчёт балансовой прибыли вследствие повышения надёжности оборудования ТЭС.....	67
4.2.1.1 Расчёт годового прироста балансовой прибыли при проведении мероприятий направленных на предотвращение отказов (внеплановых пусков) оборудования.....	70
4.2.1.2 Расчёт экономической эффективности.....	70

4.2.1.3 Срок окупаемости единовременных затрат на проведение мероприятия.....	71
4.3 Выводы.....	71
Заключение.....	72
Список использованных источников .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

Основой стабильного функционирования и развития любой страны мира является степень развития ее электроэнергетики. Электроэнергетика участвует во всех сферах жизнедеятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, наука и космос, оборона и быт. Непрерывное снабжение потребителей электроэнергией обеспечивает цивилизованные условия жизни для граждан и определяет социально-экономическое развитие страны. Этим и определяется актуальность изучения проблем электроэнергетики.

Россия является третьим по величине производителем электроэнергии в мире после США и Китая, по величине генерирующих мощностей находится на четвёртом месте после США, Китая и Японии.

В Российской Федерации эксплуатируется более 700 различных типов электростанций, с общей установленной нормой выработки порядка 225 ГВт. Большая часть из этих электростанций является тепловыми (более 68 %), работающими на органическом топливе (природный газ, мазут, ископаемые угли).

Громадную роль тепловая электроэнергетика играет в Восточной части страны, за Уралом, особенно на территории Арктической зоны России, имеющей сложные природно-климатические условия для функционирования промышленности и проживания граждан.

Тепловые электростанции обеспечивают огромные по протяженности площади с большой численностью населения и являются важнейшими стратегическими объектами жизнеобеспечения, особенно в зимний период.

Конечно, в энергетике, как и в технике вообще, нельзя полностью исключить аварии. Помимо стихийных явлений, есть много факторов, влияющих на надежность конструкций, проекта, материалов, качества изготовления. Причинами аварий могут быть отклонение от регламентов режимов пуска, остановки испытаний. Однако общая ответственность конструктора, станочника, металлурга, проектировщика, строителя, монтажника почти полностью заменяется ответственностью персонала

энергообъекта после многих лет непрерывной работы агрегатов. Выбраковка дефектов за такой срок в основном заканчивается, и **остаются два основных фактора, определяющих надежность: уровень технического обслуживания (ремонта) и уровень эксплуатации оборудования, зданий и сооружений [1].**

В электроэнергетике вопросы расследования, учёта и анализа технологических нарушений на электростанциях и сетях постоянно находятся под контролем, что регламентировано руководящими отраслевыми документами. Не принижая важность и полезность проводимой работы по расследованию и учету аварий и отказов оборудования следует, однако, отметить слаборазвитый аппарат анализа нарушений, что выражается в отсутствии приемлемых для практики методик анализа и прогноза аварийности, а также показателей аварийности, пригодных для оценки работы энергосистемы, как единого комплекса.

В условиях конкуренции и современных рыночных отношений, среди компаний эксплуатирующих электрические станции и сети, исчез механизм обмена и раскрытия информации о причинах аварий. Это основная проблема по возможности проведения полного, всестороннего анализа повреждаемости оборудования, и как следствие отсутствие переноса и распространения противоаварийных мероприятий на аналогичные виды энергетического оборудования. Поэтому механизмы сбора и накопления информации, структурирование, систематизация, а также возможность экспертного анализа это основная задача исследования, описанная в данной работе.

#### **Задачи исследования:**

1. Проведение анализа текущего состояния аварийности в электроэнергетике;
2. Выявление методов выполнения управляющей функции на основе оценки, выбора и подготовки управленческих решений при ТОиР оборудования (взаимодействие структур предприятия их организация, накопление и обмен информацией и т.д);

3. Рассмотреть возможность внедрения автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (АСУ ТОиР);

**Методы решения задачи.** В данной работе рассмотрены применяемые в текущий момент времени способы обработки информации по результатам расследования аварий в электроэнергетике с использованием статистических, теоретических, аналитических методов исследования.

Решение этих задач позволит обеспечить переход к системе управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования по техническому состоянию, с использованием аналитических данных о состоянии оборудования.

**Новизна работы заключается:**

1. В возможности консолидации разнообразных форм хранения информации от различных владельцев процессов, систематизации процесса сбора, обработки и анализа информации - в автоматизированной, информационной, экспертно-аналитической системе. Проектирование системы осуществлено по принципу «снизу-вверх», в результате чего система выстроена в соответствии с требованиями конечных пользователей, продиктованных их желанием сохранить и воспроизвести существующие принципы управления ТОРО с возможностью расширения задач и объектов.

**Практическая ценность работы:** система контроля и оценки условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта тепломеханического оборудования ТЭС, реализованная на примере процесса технического обслуживания и ремонта поверхностей нагрева, котельных установок, является тем программным продуктом, который необходим для организации и осуществления эффективной системы внутреннего контроля, за процессами сбора, анализа и хранения результатов ремонтной и эксплуатационной деятельности, а также формирования производственных программ ремонта и технического обслуживания оборудования ТЭС.

## 1 Аналитические данные по аварийности на электростанциях ЕЭС России с установленной мощностью 25 МВт и более

Ежегодно в России на электростанциях установленной мощностью 25 МВт и более ЕЭС России регистрируется, в соответствии с критериями, определенными Правилами расследования причин аварий в электроэнергетике, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 октября 2009 г. № 846 (далее - Правила) около четырёх тысяч аварий. Данные о количестве аварий, формируются на основе актов расследования причин аварий на объектах электроэнергетики, размещенных в программно-аналитическом комплексе «База аварийности в электроэнергетике» (далее - ПАК «База аварийности в электроэнергетике») [2].

Таблица 1 – Количество аварий на объектах генерирующих компаний ЕЭС России произошедших в 2017 году в сравнении с 2016 годом.

Компания	Количество аварий		Рост/снижение +/- %
	2016 г.	2017 г.	
1	2	3	4
АО «Интер РАО-Электрогенерация»	288	267	-7
ПАО «ОГК-2»	431	325	-25
ПАО «Юнипро»	102	64	-37
ПАО «Энел Россия»	211	152	-28
ПАО «РусГидро»*	98	147	+50
ПАО «ТГК-1»	143	154	+8
ПАО «ТГК-2»	74	78	+5
ПАО «Мосэнерго»	129	102	-21
ПАО «Квадра»	173	207	20
ПАО «Т Плюс»	475	336	-29
ПАО «Фортум»	98	66	-33



## Окончание таблицы 1

1	2	3	4
ПАО «ЛУКОЙЛ» (сектор «Электроэнергетика»)	161	158	-2
АО «ТГК-11» (включая АО «Томская генерация»)	95	79	-17
ПАО «ТГК-14»	16	19	+19
ООО «Сибирская генерирующая компания»	146	125	-14
ОАО «ТГК-16»	22	48	в 2,2 раза
ПАО «Иркутскэнерго»	103	100	-3
АО «СИБЭКО» (Новосибирск)	32	25	-22
АО «Татэнерго» (ОАО «Генерирующая компания»)	54	50	-7
ООО «Башкирская ГК»	86	68	-21
ОАО «Курганская ГК»	4	3	-25
АО «ДГК»	190	220	+16
АО «Концерн Росэнергоатом»	87	84	-3
Иные собственники ТЭС	725	843	+16
Всего на электростанциях ЕЭС России	3943	3801	-3,6

*\* включая ДЗО: ПАО «Богучанская ГЭС», АО «Нижне-Бурейская ГЭС».*

В количестве аварий учтены аварии, произошедшие как по причинам, связанным с недостатками в технологической деятельности компании, так и по причинам, независящим от деятельности компаний (воздействия посторонних лиц и организаций, птиц и животных, сверхнормативных стихийных явлений и иных форс-мажорных обстоятельств).

В последние пять лет на электростанциях, установленной мощностью 25 МВт и более, ЕЭС России наметилось явное снижение аварийности на основном энергетическом оборудовании, динамика аварийности в ЕЭС России представлена на рисунке 1.

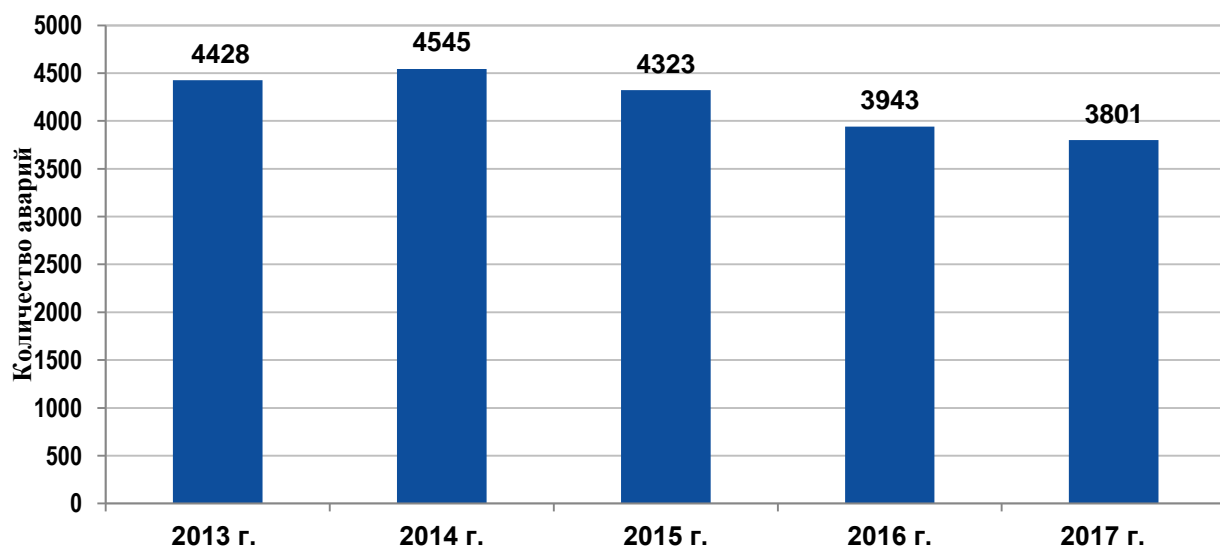


Рисунок 1 – динамика аварийности на электростанциях ЕЭС России

В первую очередь высокие показатели аварийности в 2013 - 2015 г.г. связаны с включением в работу объектов ДПМ (договор о предоставлении мощности - вид договоров, заключаемых в отношении генерирующих объектов, перечень которых определяется Правительством Российской Федерации и наличие которых в составе ЕЭС России исходя из их месторасположения, технических и иных характеристик необходимо в целях надежного и бесперебойного снабжения потребителей электрической энергией) [3]. Основные причины в увеличении числа аварий на электростанциях ЕЭС России, произошедших в 2014 г., были связаны с проведением режимно-наладочных и приёмо-сдаточных работ, а также в эксплуатационной выбраковке дефектов проектирования и монтажа на объектах ДПМ.

На рисунке 2 представлена диаграмма реализации проектов ДПМ по итогам анализа отчетов ОГК/ТГК, по состоянию на 31.12.2017 г.:

- введено в эксплуатацию 128 блоков, что составляет 94,1 % от общего количества объектов, предполагаемых к вводу в рамках ДПМ;
- ведется строительство на 6 блоках, что составляет 4,4 % от общего количества объектов, предполагаемых к вводу в рамках ДПМ;

- ведутся подготовительные работы (проектирование, изготовление основного оборудования, подготовка площадки строительства) на 2 блоках, что составляет 1,5 % от общего количества объектов, предполагаемых к вводу в рамках ДПМ [4].



Рисунок 2 - ход реализации проектов ДПМ (ТЭС) по состоянию на 31.12.2017 г.

Исходя из представленной выше информации можно сделать однозначный вывод, что в значительной степени процесс эксплуатационной выбраковки, после ввода в работу объектов ДПМ завершён и риск возникновения аварий, на введённом в эксплуатацию оборудовании, будет зависеть в основном от производственной культуры созданной на предприятии.

## 1.1 Сведения об аварийности на предприятиях ООО "Сибирская генерирующая компания"

Статистические данные по аварийности на электростанциях, установленной мощностью 25 МВт и более, ЕЭС России, практически совпадают со статистическими данными по аварийности одной из крупнейших энергетических компаний ООО "Сибирская генерирующая компания". Тренды направленные на снижение аварийности описывают общее состояние по аварийности в энергетике, в том числе и тепловой генерации ЕЭС России.

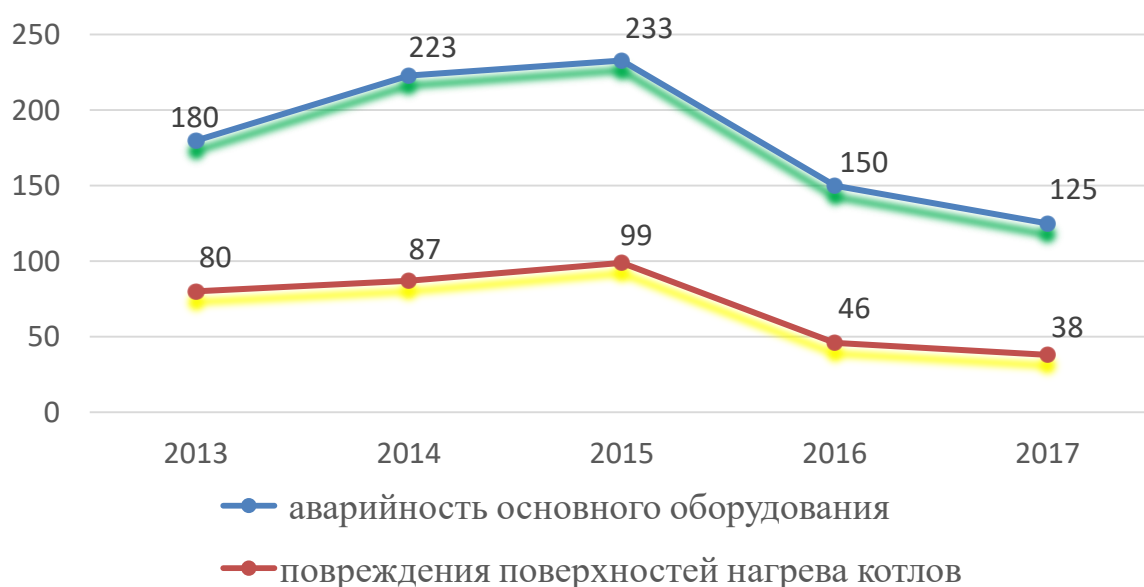


Рисунок 3 – динамика аварийности на предприятиях входящих в группу ООО "Сибирская генерирующая компания" за 2013 - 2017 г.г.

На рисунке 3 представлена информация по повреждаемости оборудования на электростанциях, установленной мощностью 25 МВт и более, входящих в группу компаний ООО "Сибирская генерирующая компания" за период с января 2013 года по декабрь 2017 года включительно.

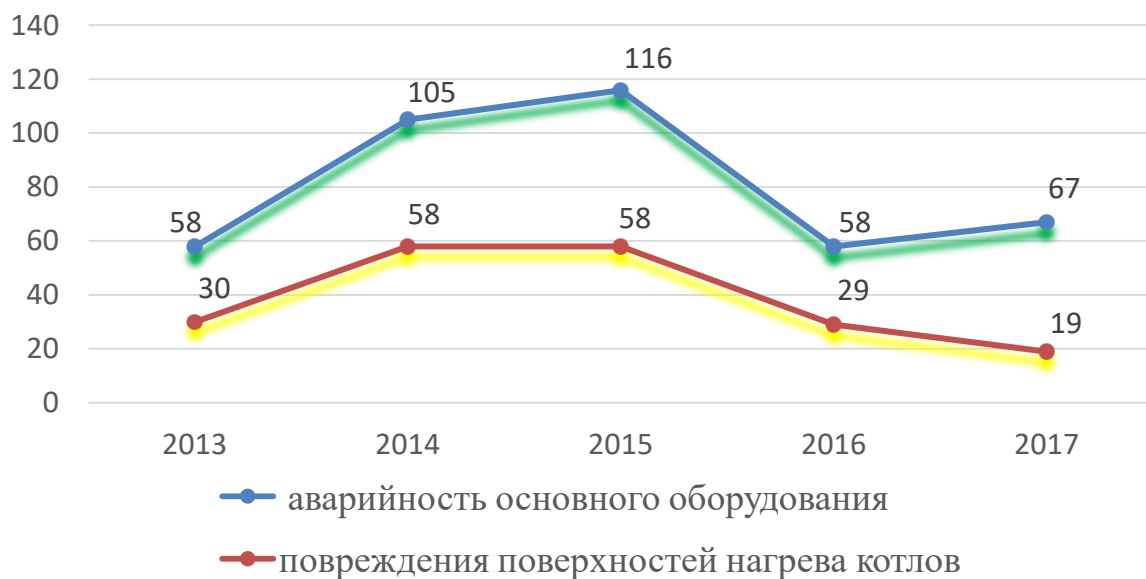


Рисунок 4 – динамика аварийности на предприятиях входящих в Красноярский филиал ООО "Сибирская генерирующая компания" за 2013–2017 г.г.

На рисунке 4 представлена информация по аварийности основного оборудования на предприятиях входящих в Красноярский филиал ООО "Сибирская генерирующая компания". Тенденция направленная на общее снижение аварийности прослеживается и на предприятиях входящих в группу компаний ООО "Сибирская генерирующая компания", при этом аварийность на котельных агрегатах, в том числе связанная с повреждениями поверхностей нагрева остаётся достаточно высокой, около 50% аварий происходит по причине повреждения поверхностей нагрева котлов.

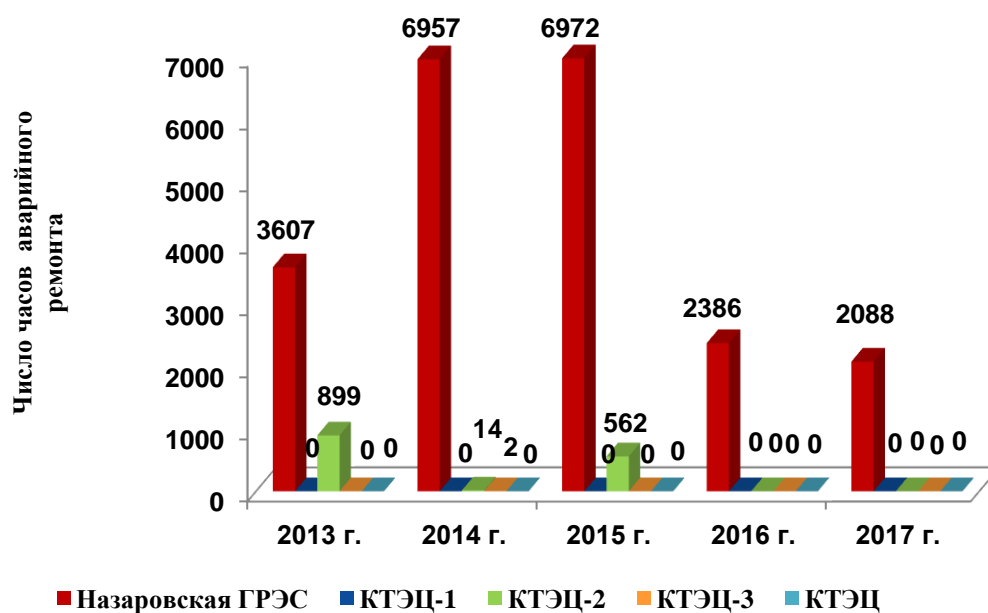


Рисунок 5 – продолжительность времени (ч.) нахождения котельных агрегатов Красноярского филиала ООО "Сибирская генерирующая компания" в аварийном ремонте за 2013–2017 гг.

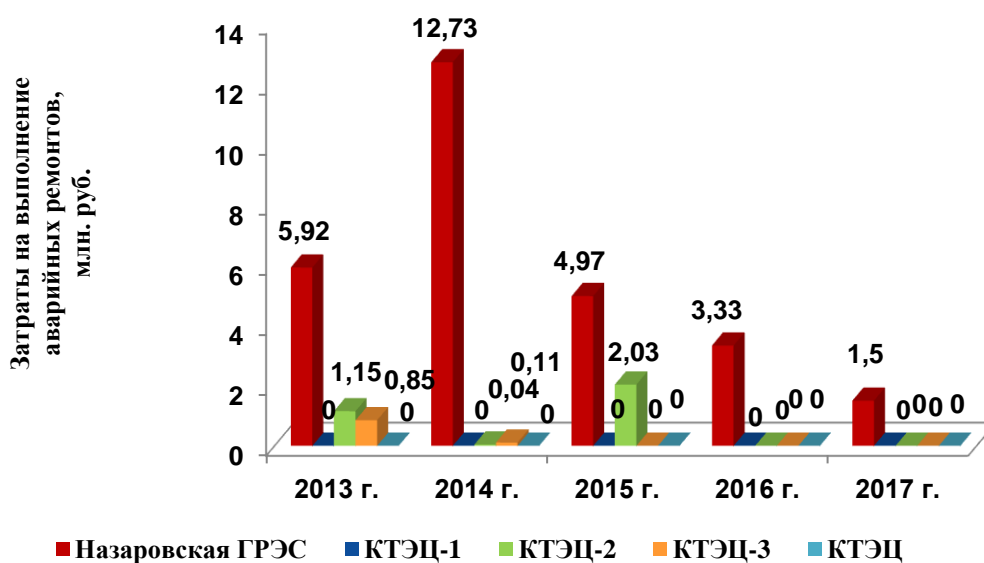


Рисунок 6 – затраты на ведение аварийно- восстановительного ремонта поверхностей нагрева котельных агрегатов по Красноярскому филиалу ООО "Сибирская генерирующая компания" за 2013-2017 гг.

На рисунке 5 представлена информация о времени нахождения в аварийном ремонте котельных установок, из-за повреждения поверхностей

нагрева, по Красноярскому филиалу ООО "Сибирская генерирующая компания". Наибольшее число часов, в аварийном ремонте, находились котельные установки на Назаровской ГРЭС в 2014 г. и 2015 г., около 7 000 часов (суммарно практически чуть менее года, один котлоагрегат находился в аварийном ремонте), недовыработка электрической энергии составила около 455 тыс. МВт. При этом затраты на выполнение аварийно-восстановительных ремонтов, представленные на рисунке 6, начиная с 2014 года снижаются, что говорит о малозначительности дефектов, образование и развитие которых можно было спрогнозировать и предотвратить.

Анализируя статистические данные по времени простоя котельного оборудования в аварийном ремонте, а также по затратам направленным на выполнение аварийно-восстановительных ремонтов, можно сделать вывод, что увеличение времени нахождения в аварийном ремонте оборудования, а также частота повреждений поверхностей нагрева, вместе с тем и вовлечение внеплановых затрат (для аварийно-восстановительного ремонта) приводят к снижению надёжности работы оборудования (из-за перераспределения финансовых средств, корректировок производственных программ и т.д.). Снижается манёвренность и мобильность генерирующего оборудования, что приводит к росту финансовых рисков при работе на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ).

## **1.2 Основные причины приводящие к авариям на котельных установках**

К сожалению, на сегодняшний момент на российских теплоэнергетических станциях (ТЭС), сложились два негативных для поддержания безопасности функционирования оборудования, в частности паровых котлов, тренда:

- лавинообразное нарастание процесса старения основного оборудования электростанций;
- резкое сокращение научно-технического потенциала отрасли [5].

Анализ ряда факторов, позволяет констатировать, что:

1) в настоящее время, происходит максимальная экономия инвестиций в обновление и поддержание на соответствующем технологическом уровне оборудования ТЭС;

2) не вкладываются достаточные средства в исследования и разработку новых методов и приборов, позволяющих не только обнаруживать отдельные дефекты, но и оценивать состояние и остаточный ресурс оборудования в целом.

Это в совокупности наносит колоссальный ущерб безопасности объектов котлонадзора на ТЭС России и ставит под угрозу стабильное снабжение электроэнергией и теплом большого числа потребителей на весьма значительной территории.

В текущий момент времени в современной научной литературе и публицистике недостаточно, проработан анализ причин, вызывающих аварии паровых котлов и мер для их предупреждения .

Проводя причинно-следственный анализ актов расследования аварий, при эксплуатации котлов высокого давления, аварии можно дифференцировать на пять основных групп:

- аварии, связанные с износом элементов парового котла;
- аварии, связанные с межкристаллической коррозией металлов конструкции;
- аварии, являющиеся следствием определенных нарушений водоподготовки и водного режима питания парового котла;
- аварии, связанные с упуском воды при эксплуатации котла;
- аварии паровых котлов, связанные с превышением рабочего давления выше заданного эксплуатационного [6].

Практически все аварийные остановки котельных агрегатов, связанные с повреждением поверхностей нагрева котлов, приходится на межремонтный период. Учитывая значительные сроки эксплуатации большинства котельных



агрегатов, можно предположить, что число аварийных остановов по причине выхода из строя поверхностей нагрева будет увеличиваться.

### **1.3 Выводы**

В условиях рыночных отношений, когда перед генерирующими компаниями ставится задача в достижении наилучших финансовых показателей, с наименьшими затратами, вопросы надёжности и готовности оборудования к несению нагрузки выходят на первый план.

Стремление всех энергетических компаний к снижению числа аварийных остановов оборудования, всесторонний анализ причин возникновения аварий, разработка, унификация и распространение, в качестве профилактики, противоаварийных мероприятий на аналогичное оборудование, в конечном итоге это приводит к более надёжному электро и теплоснабжению Потребителей тепловой и электрической энергией, улучшению качества жизни населения и достижению наилучших финансовых показателей для генерирующих компаний.

Учитывая, что Правилами определён порядок расследования аварий, сроки передачи информации и представления отчётности, регламентирован объем собираемой и вносимой в акт информации, становится понятным, что никто кроме владельца энергообъекта не заинтересован в глубоком и полном расследовании причин возникновения аварии, а также в подготовке и наиболее полной реализации противоаварийных мероприятий.

Создание единых "информационно-аналитических программных комплексов" как внутри компаний, так и в ЕЭС России должно способствовать развитию энергетики.

Доступ и обмен информацией по аварийности, с целью проведения структурного анализа причин и предпосылок приводящих к возникновению аварий остро необходим каждой энергокомпании, информационный обмен позволяет разработать превентивные мероприятия направленные на снижение

уровня риска возникновения аварийного (внепланового) останова оборудования.

## **2 Система технического обслуживания и проведения планово-предупредительных ремонтов ТЭС**

### **2.1 Достоинства и недостатки системы ППР ТООиР**

В современной энергетике России, как и прежде, для поддержания исправного технического состояния оборудования применяют систему планово - предупредительных ремонтов (далее - ППР) разработанных в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и на основе длительного практического применения.

Основные технические и экономические критерии системы ППР - это снижение числа аварийных (непредвиденных) простоев оборудования на основе строгой регламентации ремонтных и межремонтных периодов, с определёнными, заранее установленными, объёмами и сроками проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту основного и вспомогательного оборудования электрических станций. Система ППР используется уже длительное время и доказала свою эффективность. Такой подход способен предупредить износ оборудования и уменьшить вероятность внезапного его выхода из строя, что в свою очередь способствует созданию более управляемой и прогнозируемой ремонтной программы, сформированной исходя из видов ремонтов, типа оборудования, электростанций и отрасли в целом.

Постоянство ремонтных циклов позволяет наиболее точно прогнозировать необходимые материальные затраты, финансовые и трудовые ресурсы. При выполнении в полном объёме всех мероприятий, прописанных в системе ППР, можно унифицировать процесс планирования профилактических мероприятий, позволяющих осуществить предварительную подготовку ремонтных работ, выполнить их в минимальные сроки и с высоким качеством,

что в конечном итоге должно привести к повышению надёжности работы энергетического оборудования. Таким образом, система ППР предназначена для обеспечения надёжности энергетического оборудования в условиях жёсткого централизованного планирования и управления, постоянной загрузки генерирующих мощностей и снижения времени его простоя в ремонте и различного вида резервов.

Но кроме описанных выше достоинств система ППР имеет и свои недостатки:

1. К моменту начала работ назначение и выполнение профилактических работ не зависит от фактического состояния оборудования, а выполняется по регламенту;

2. План–графики профилактических работ не устанавливают приоритетов при выводе в ремонт оборудования, всё зависит от срока выполнения предыдущего ремонта;

3. При составлении планов–графиков не учитывается ряд ограничений (технологических, материальных, временных, трудовых), а также не предусматривается их оптимизация с позиции рационального управления состоянием процесса эксплуатации и более полного расходования ресурса каждой единицы оборудования.

Кроме того, система ППР имеет большую трудоёмкость ремонтных работ. Пропорционально росту количества оборудования, как основного так и вспомогательного, повышается и трудоёмкость ремонтных работ, что требует значительного увеличения численности ремонтного персонала.

Современные, экономические (рыночные) условия диктуют новые, отличные от системы ППР, способы для принятия оптимальных, экономически обоснованных решений для организации и выполнения технического обслуживания и ремонта оборудования.

Для поддержания надёжной и эффективной работы, восстановления работоспособности основного и вспомогательного оборудования, вызванного неблагоприятными эксплуатационными факторами, износом оборудования,

появляющимися дефектами оборудования, в том числе и заводскими, организована система технического обслуживания и ремонта оборудования (далее – система ТОиР).

Система ТОиР состоит из межремонтного обслуживания, текущего, среднего и капитального ремонтов.

Заключение о годности оборудования и его готовности к работе, определяется по результатам анализа данных технического диагностирования и сравнением результатов испытаний с действующими нормативами. Испытания оборудования выполняются по разработанным программам и методикам специализированными подразделениями предприятия или с привлечением подрядных организаций.

## **2.2 Описание текущего процесса ТО и Р, контроллинг производственно – хозяйственной деятельности**

Для поддержания работоспособного состояния оборудования, и котельных установок в частности, для обеспечения надёжности работы поверхностей нагрева, при проведении плановых ремонтов котлоагрегатов выполняются следующие работы–это и замена отдельных поверхностей нагрева, в целом, замена их блоков (участков), замена отдельных элементов (труб или участков труб) и т.д., в большинстве случаев основным критерием замены является не состояние металла, а частота повреждаемости той или иной поверхности нагрева. Такой подход приводит к тому, что в большинстве случаев происходит необоснованная замена металла труб, который по своим физико-механическим свойствам соответствует требованиям длительной прочности и мог бы оставаться в эксплуатации.

В своей статье [7] В.К. Паули определяет основные пути по эффективному и малозатратному механизму обеспечения надёжности поверхностей нагрева котельных агрегатов.

Одним из направлений предполагается создание условий для исключения отклонений от требований ПТЭ и другой НТД и РД в процессе

эксплуатации оборудования. Другое эффективное направление - это введение в практику эксплуатации котлоагрегатов системы профилактического технического обслуживания поверхностей нагрева [7]. Данный подход был распространён на все тепловые станции входившие в состав РАО "ЕЭС России", но, к сожалению, из предложенных к исполнению 11, постоянно используемых составляющих, направленных для комплексного применения в производстве, используется меньшая часть (примерно около 5 направлений).

Анализ практического использования системы профилактического технического обслуживания поверхностей нагрева [7] показал, что в основном, используется в практике производства такая составляющая как –учёт и накопление статистики повреждаемости. Статистику повреждаемости используют как инструмент при подготовке обоснований для замены той или иной поверхности нагрева котельного агрегата на основе частоты повреждаемости, диагностики состояния металла. Отмеченные в статье [7] двухсоставные статистические данные повреждаемости поверхностей нагрева, в настоящее время утрачены, из-за закрытости в обмене технической информацией между предприятиями находящимися у разных, конкурирующих между собой генерирующих компаний.

### **2.3. Основные причины создания и перехода на использование программных комплексов в системе организации и проведения технического обслуживания и ремонта оборудования ТЭС**

При наличии на предприятии нескольких сотен единиц оборудования, подлежащего контролю состояния, обслуживанию, периодическим ремонтам и модернизации, эффективно выполнять техническое обслуживание и ремонт (далее-ТОиР) непросто. Сложность вызывает и то, что оборудование размещено по множеству территориально удаленных объектов и не унифицировано.

Облегчить управление ТОиР, повысить его эффективность призваны специализированные компьютерные программы, то есть компьютерные системы управления ТОиР. Организация и проведение ТОиР оборудования

энергетических предприятий проводится в соответствии регламентами и требованиями нормативно-технической и управленческой документации.

Нормативно-техническая документация на ТОиР оборудования должна соответствовать требованиям правил безопасности, нормативным документам органов государственного контроля и надзора, стандартам отрасли и другим регламентным документам.

При техническом обслуживании и ремонте должны выполняться нормы конструкторских производственных и ремонтных регламентов поставляемых в комплекте с энергетическим оборудованием, а также производиться все записи о выполненных работах.

### **2.3.1 Сравнительные практики применения программных комплексов в системе ТОиР ТЭС**

Одним из приоритетных направлений при автоматизации деятельности предприятия в целом является автоматизация технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО). Затраты на ТОРО на сетевых предприятиях составляют около 70 % от их общего объема по основному виду деятельности (передача электрической энергии), в генерации – порядка 20 %. Именно реализация корпоративных информационных платформ позволит оперативно получать необходимые данные о состоянии текущих дел в компании, разрабатывать тактику и стратегию ее развития, управлять персоналом, а также предвидеть грядущие изменения в отрасли и своевременно подготовиться к ним.

Наиболее эффективный способ сокращения затрат на ТОРО - внедрение современных ИТ-решений, направленных на поддержку и обеспечение своевременного проведения ремонтов, а также информирование руководства о текущем состоянии дел в области ТОРО.

На сегодняшний день на рынке информационных систем существует большое количество разнообразных решений, обеспечивающих внедрение задач ТОРО в рамках создания комплексных ИС. Так, компания «OXS»

реализует систему управления ТОРО как посредством специализированного модуля SAP ERP, так и на основе собственной разработки на базе Microsoft Dynamics Ax.

Компания «Деснол Софт» специализируется на автоматизации управления ремонтами и смежными с этим областями на основе системы «1С:ТОИР».

### **2.3.1.1 Система управления ТОРО на основе модуля SAP ERP**

Как правило к моменту начала осуществления проектов по внедрению комплексных автоматизированных систем на предприятиях уже действуют отдельные локальные системы, которые создают локальную автоматизацию ТОРО.

Системы по учету оборудования, как правило, основаны на бухгалтерских программах, что не позволяет в полном объеме видеть структуру оборудования, его характеристики, историю обслуживания, статистику выхода из строя и прочие данные, необходимые для своего временного планирования обслуживания ТОРО.

Сегодня одним из наиболее востребованных решений на рынке, пожалуй, является система SAP ERP, в пользу которой сделали выбор такие крупные энергокомпании, как ОАО "ТГК-6", ОАО "Волжская ТГК", ОАО "ТГК-10", ОАО "ОГК-2" и др.

SAP ERP предлагает комплексный подход по управлению основными фондами предприятия - "Управление жизненным циклом продукта" (SAP Product Lifecycle Management, SAP PLM), включающее решение "Управление жизненным циклом основных фондов".

Подсистема "ТОРО" предоставляет энергопредприятию такие функции, как:

учет оборудования в единой базе с необходимой степенью детализации;

планирование ремонта оборудования согласно срокам эксплуатации и наработке и в соответствии с отраслевыми стандартами;

возможность расчета необходимого объема сырья и материалов с учетом разработанного плана ремонтов;

планирование и контроль загрузки производственных мощностей для ремонтных работ;

функции по диспетчеризации оборудования;

планирование и контроль затрат по ремонтным мероприятиям в режиме реального времени, сравнение план/факт;

возможность определения бюджета и осуществления контроля по его исполнению для каждого вида работы;

учет затрат по ремонту в стоимости основного средства;

наличие полной информационной базы по оборудованию (где, когда и у кого закуплено, кем и когда было смонтировано, сведения о гарантии, периодичность производимых ремонтов и сумма средств, использованная при этом и т.п.).

Решение SAP ERP для ТОО тесно интегрировано с функциональностью материального снабжения, бухгалтерским и управленческим учетом.

Реализация данной информационной системы позволяет достигнуть:

снижения затрат на ремонты благодаря своевременному планово-профилактическому обслуживанию;

оптимизации запасов и закупок вследствие усовершенствования логистической цепочки формирования и покрытия потребностей;

формирования отчетности в режиме реального времени в соответствии с отраслевыми стандартами.

Говоря о сроках введения системы в действие, следует отметить, что средняя их продолжительность колеблется от девяти месяцев до полутора лет. Как правило, стандартная система, присутствующая в рамках любого предприятия, нуждается в определенных доработках.

Так, еще в 2004 г. для ОАО "Оренбургэнерго" была создана внешняя разработка, позволяющая вводить данные о ремонтах пользователям, не имеющим доступа в SAP ERP, так как на тот момент нельзя было подключить



удаленные РЭС к серверу. Локально введенные сотрудниками данные автоматически отправлялись по электронной почте и загружались в систему. Автоматически же происходила и синхронизация справочников внешней программы и SAP ERP.

Данная разработка позволила включить в процесс планирования и отражения фактических мероприятий все подразделения, ответственные за ТОРО, что повысило точность и оперативность поступления информации.

Для ОАО "Тюменьэнерго" было предложено решение с целью реализации, так называемого эксплуатационного приказа (ЭП), - основы для планирования и контроля выполнения ТОРО, - на данных которого иницируется закупочная кампания. При реализации ЭП в системе одновременно использовались несколько подсистем: "ТОРО", "Финансовый менеджмент", "Поток операций", "Управление закупками", "Сбыт" и "Финансы", которые концепцией данного решения были объединены в целостную схему, охватывая при этом весь объем оборудования, включая основное и вспомогательное, здания и сооружения, транспорт, СВТ (средства вычислительной техники), а также оборудование связи.

#### **2.3.1.2 Система управления ТОРО на базе Microsoft Dynamics Ax**

Автоматизация производства на основе Microsoft Dynamics Ax была выбрана ОАО "ТГК-13", где внедрялся проект по созданию масштабной корпоративной ИС, включающей, в том числе и модуль ТОРО.

Решение ТОРО на базе Microsoft Dynamics Ax можно разделить по функциональному признаку на несколько частей. Прежде всего - управление техническими активами - инструмент для учета технических объектов, позволяющий их структурировать, отображать в виде иерархии, накапливать и выводить историю ремонтов, отслеживать все изменения объектов на протяжении их деятельности.

Функциональность планирования дает возможность проводить ремонтную кампанию с произвольным "горизонтом" планирования (несколько

лет, год, квартал), регистрировать неограниченное количество альтернативных планов, составлять на основании данных по истории проведения ремонтов графики ТО, диагностики и ремонтов. В соответствии с утвержденным планом ремонтов проводить заявочные кампании с осуществлением закупок по данным из модуля ТОРО.

Функциональность отслеживания выполнения ремонтов позволяет детально рассчитывать требуемые для них мощности и имеющиеся в наличии материалы, производить списание материалов с формированием всех необходимых данных по движению в складском модуле автоматически, а также регистрировать выполненные работы путем выбора последовательности операций из справочника или посредством указания технологической карты, из которой все сведения о составе работ и их стоимости копируются в специальный ремонтный заказ.

Кроме того, допускается проводить калькуляцию ремонтных работ с генерацией необходимых проводок в финансовом модуле автоматически и формировать ремонтную смету, а при подрядном способе создавать комплект документов для расчетов с подрядчиками. В результате все необходимые данные попадают в историю ремонтов ТОРО и в бюджет.

Функциональность организации допусков на проведение ремонтных работ, в рамках которой происходит формирование нарядов и распоряжений; регистрация нарядов, контроль над работами по наряду, а также закрытие наряда, объединенного с ремонтными заказами, делает возможным установить ответственность за производимые работы среди участников процесса.

В стандартную функциональность решения ТОРО также входят документы, позволяющие печатать необходимую ремонтную документацию: несколько типовых видов нарядов-допусков на выполнение работ, заявки, сметы, акты и т. д. Практически для каждого проекта данный перечень документов дополняется уникальными для каждого клиента отчетами.

### **2.3.1.3 Система управления ТОРО на основе специализированной ЕАМ-системы (наиболее распространена «1С: ТОИР»)**

Наиболее известная ЕАМ-система на территории СНГ- это «1С:ТОИР». Она разработана на платформе «1С:Предприятие 8», в программе ведется учет всего оборудования и иерархических связей (предприятие, площадка, цех, участок, оборудование), в системе предусмотрено автоматическое формирование графика ремонтов и др. И у данной системы, и в других системах, будь то ERP или ЕАМ-системы, существуют механизмы для реализации всех основных видов ремонтов, которые можно разбить на плановые или внеплановые.

С точки зрения автоматизации, проекты являются достаточно объемными. В то же время вопросы по организации процессов ремонтной службы, в силу большого влияния контролирующих органов, решаются проще.

При выборе платформы «1С:Предприятие 8», проект получается не столь затратным, особенно на первой, самой рискованной стадии – принятия решения о запуске проекта. После подготовки концепции проекта и технического задания встают вопросы готовности нормативной документации: паспортов на оборудование, наличие нормативов. Здесь наступает необходимость в организации тесного сотрудничества с техническими службами предприятия. Как правило, ресурсов технических служб просто не хватает для охвата столь огромного объема работ.

Также следует обратить внимание на общую подготовку пользователей: технические службы часто не готовы к работе с передовыми технологиями, больше работали с системами АСУ ТП, чем с управленческими системами.

Вначале должно быть создано единое информационное поле, отражающее управление жизненным циклом изделия. В западных системах предусмотрена способность аккумуляции данных об истории создания, эксплуатации и всех отказах оборудования. Данные накапливаются, систематизируются, и выстраивается теория рисков, связанных с отказами. Информация передается конструкторам, технологам, производителям и

заказчикам, которые должны отделять эксплуатационную часть отказов от конструкторской и технологической службы. Подразделения, занимающиеся ремонтами, должны получать информацию в реальном режиме времени.

Согласно мировому опыту внедрения EAM-систем (Enterprise Asset Management - прикладное программное обеспечение управления основными фондами предприятия) преимущества этих систем следующие:

- снижение аварийности, повышение надежности оборудования, уменьшение времени внеплановых простоев;

- снижение трудоемкости "1С:ТОиР" за счет более точного планирования объемов работ;

- повышение достоверности оценки затрат на ремонт;

- уменьшение объема аварийных закупок благодаря более точному планированию потребности в запчастях и материалах;

- повышение оперативности учета состояния оборудования, контроля фактического расхода запасных частей и горюче-смазочных материалов, контроля номенклатуры и стоимости запчастей;

- уменьшение времени, затраченного подразделениями предприятия на вопросы "1С:ТОиР" и оценку состояния оборудования.

## **2.4 Информационные экспертно-аналитические системы контроля технического состояния ТЭС (применительно к котельным установкам, переход от моделей реагирования к моделям прогнозирования)**

В настоящее время всё больше в практику входит новая стратегия ТОиР энергетического оборудования - ремонт по текущему техническому состоянию. Анализ возможностей использования для такой диагностики результатов измерений основных параметров оборудования, задаваемых технической и нормативной документацией, показывает, что их явно недостаточно для обнаружения многих видов дефектов, особенно на начальной стадии развития. А для долгосрочного прогноза состояния оборудования необходимо не только обнаружить дефект, но и идентифицировать (определить вид и величину) его,

так как разные дефекты имеют разные скорости развития. Очевидно, что для глубокой диагностики необходимо привлекать и косвенные признаки дефектов, проявляющиеся при контроле вторичных процессов, протекающих в диагностируемом оборудовании.

Система ремонта по техническому состоянию направлена на обеспечение бесперебойности работы оборудования путем проведения ТОиР, объемы и сроки которого формируются на основании мониторинга:

- параметров функционирования технических систем электростанций;
- фактического технического состоянием котлоагрегатов и их элементов.

Фактические данные о текущем техническом состоянии энергетического оборудования сопоставляются с возможной оценкой возникновения аварий и отказов, вызванных ухудшением технического состояния оборудования.

Применение данной технологии на практике российской энергетики является перспективным методом, но для перехода к данной системе необходимо:

- оснащение оборудования соответствующими системами мониторинга и диагностики;
- разработка программного обеспечения и методов, позволяющих дать прогноз изменению технического состояния, выявить критическое значение, сделать соответствующие рекомендации по виду, срокам и объемам работ.

Система планово-предупредительного ремонта дает самый высокий процент готовности оборудования, но она и самая дорогая, поскольку реальное состояние оборудования может и не требовать ремонта.

Продолжительность и структура ремонтного цикла, а также периодичность ТО, диагностических контролей и ремонтов для каждого вида оборудования определяются в соответствующих РД применительно к конкретному виду оборудования.

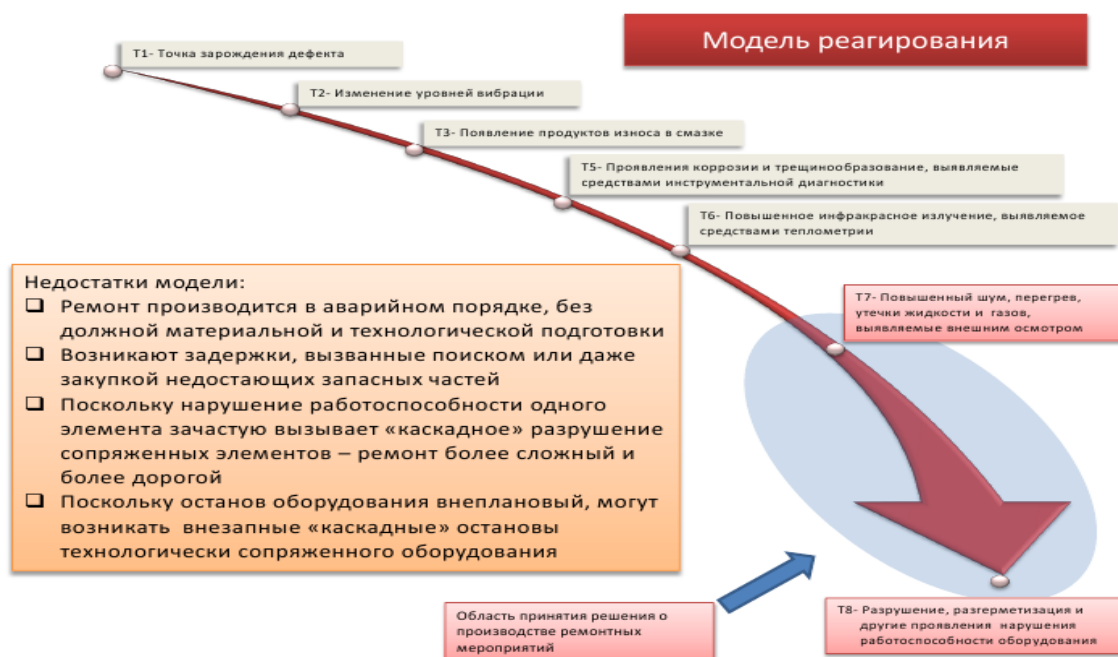


Рисунок 7 – система технического обслуживания и ремонта по событию (отказу)

В системе технического обслуживания по техническому состоянию экспертным путем или с помощью измерителей, установленных на оборудовании, проводится оценка его состояния. Плюсы этого вида обслуживания - его себестоимость меньше, а готовность оборудования к выполнению производственных программ достаточно высока.

На рисунке 7 представлена текущая модель реагирования в случае зарождения дефекта (T1), его развития (T2 - T6) и отказа (T7, T8) оборудования, при использовании системы технического обслуживания и ремонта по событию (отказу). Система технического обслуживания и ремонта по событию (отказу) неэффективна с точки зрения экономики для области электроэнергетики.



Рисунок 8 – система технического обслуживания и ремонта по текущему состоянию

На рисунке 8 представлена модель прогнозирования, в случае зарождения дефекта (T1), в процессе его развития (T2 - T6) принимается решение о плановых сроках проведения ремонта с целью снижения риска перевода оборудования в стадию отказа или разрушения (T7, T8).

Необходимые условия применения ТО по текущему состоянию:

- экономическая целесообразность;
- наличие приборной базы;
- методика определения ТС и его прогнозирования;
- обученный персонал;
- контролепригодность оборудования.

Прогнозирующими параметрами могут являться:

- эксплуатационные рабочие параметры, измеряемые также штатными приборами (АСУТП), при этом применяется функциональная диагностика без вывода оборудования из эксплуатации;
- параметры технического состояния, измеряемые переносными приборами с остановкой оборудования и/или частичной или полной разборкой.

В зависимости от используемого математического аппарата различают, следующие основные направления прогнозирования:

- экспертные оценки, когда мнения экспертов о будущем состоянии оборудования собирают путем опроса или анкетирования, обрабатывают и получают прогноз;
- аналитическое, когда в результате прогнозирования определяется величина контролируемого параметра (параметров), характеризующего ТС объекта во времени;
- вероятностное, когда в результате прогнозирования определяется вероятность выхода (невыхода) параметра (параметров) ТС за допустимые пределы;
- статистическая классификация (распознавание образов), когда в результате прогнозирования определяется класс диагностируемого объекта по критерию работоспособности.

## **2.5 Матрица экспертной системы контроля**

Для контроллинга производственно-хозяйственной деятельности и состояния котельных установок существенную помощь может оказать применение "Матрицы экспертной системы контроля и оценки эксплуатации котлоагрегатов ТЭС" (таблица 3) [8], назначение которой заключается в осуществлении периодической комплексной оценки исполнения всех нормативных требований по организации эксплуатационно-ремонтного обслуживания котлов.

Под экспертной системой обычно понимают программы или программно-аппаратные средства, использующие при решении задач формализованным особым образом экспертные знания и воспроизводящие (моделирующие) работу эксперта. Совокупность этих знаний является основой экспертной системы.

Экспертные системы, в сущности, моделируют поведение эксперта при принятии решения в конкретной предметной области. Для определения



необходимых знаний используется предметная деятельность квалифицированных специалистов. Такие экспертные системы все шире внедряются в качестве средств подготовки и интеллектуальной поддержки различного типа специалистов. Однако сама по себе экспертная система носит только информативный или информативно-сравнительный характер. Она не затрагивает состояния объекта управления (оборудования или технологического процесса), процесса управления и субъекта управления (персонал). Поэтому экспертная система должна дополняться или самостоятельно нести в себе оценочную часть по отношению как к объекту, так и к субъекту управления и в то же время показывать направления усилий, которые должен приложить субъект управления с целью повышения надежности объекта. То есть экспертная система должна содействовать определению методов достижения (или обеспечения) надежности во взаимосвязанности объекта и субъекта управления.

Такие проверки и оценки должны осуществляться силами специалистов и технических руководителей подразделений электростанций с привлечением персонала вышестоящих хозяйствующих субъектов ТЭС.

Таблица 3 – Матрица экспертной системы контроля и оценки эксплуатации котлоагрегатов ТЭС

№ п/п	Направление основного уровня экспертной системы контроля оценки условий эксплуатации котлоагрегатов ТЭС	№	Локальные направления (подуровни) экспертной системы контроля и оценки условий эксплуатации котлоагрегатов, по которым производится определение уровня соответствия направления задачам производства
1	2	3	4
1	Система учёта и анализа причин повреждаемости поверхностей нагрева котлоагрегатов, объективность и достаточность разрабатываемых мероприятий по повышению надёжности	1	Удельный вес в общем количестве остановов из-за повреждений поверхностей нагрева
		2	Количество учтённых аварийных остановов из-за повреждений поверхностей нагрева
		3	Удельный вес отказов по вине персонала в общем количестве отказов
		4	Наличие и исполнение мероприятий по результатам анализа аварийности

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
2	Состояние водно - химического режима и связанный с ним уровень отложений на внутренней стенке труб поверхностей нагрева. Эффективность и достаточность принимаемых мер	5	Используемый водно-химический режим, организация контроля его качества
		6	Соблюдение технологии водоподготовки, очистки конденсата и коррекции
		7	Количественный и качественный анализ отложений на внутренних стенках
		8	Своевременность и качество проведения химических очисток и пассиваций
3	Оснащённость тракта водоподготовки котла или энергоблока и линий возврата конденсата средствами автоматизированного контроля и средствами аварийной сигнализации	9	Соответствие оснащённости средствами контроля ВХР требованиям НТД
		10	Состояние устройств подготовки пробы, выдерживание требуемой температуры
		11	Наличие химико-технологического мониторинга (или её внедрение)
		12	Наличие средств аварийной сигнализации и соответствующих указаний персоналу
4	Организация режима горения и температурного режима котла. Организация контроля за ведением режима котла. Организация контроля за ведением технологического режима обслуживающим персоналом. Наличие режимных карт их качество	13	Оснащённость средствами автоматики процесса горения и температурного режима
		14	Оснащённость средствами автоматического контроля температуры металла ПН
		15	Наличие и качество режимных карт. Своевременность испытаний режимов
		16	Контроль за ведением технологического режима обслуживающим персоналом
5	Организация контроля за состоянием металла поверхностей нагрева, зонами повреждения и причинами повреждения металла с использованием традиционных и передовых инструментальных средств.	17	Соблюдение требований НТД по вырезке образцов для контроля металла
		18	Использование инструментальных методов контроля без вырезки образцов
		19	Контроль за состоянием защитной плёнки металла, принятие мер
		20	Учёт ресурса металла наличие формуляров наработки и повреждений
6	Состояние организации и проведения ремонтных работ. Методика принятия решений по замене поверхностей нагрева или участков. Принятие мер по снижению наружной коррозии и износа	21	Соблюдение технологий ремонта, входной, текущий и приёмочный контроль
		22	Объективность и достаточность принимаемых решений по замене поверхностей нагрева
7	Принятие мер направленных на снижение негативного воздействия персонала на состояние и ресурс металла поверхностей нагрева. Качество инструкций и уровень подготовки персонала	23	Проведение технического обслуживания поверхностей нагрева
		24	Методы предотвращения наружной коррозии поверхностей нагрева

### Окончание таблицы 3

1	2	3	4
		25	Выполнение анализов пусков остановов оборудования (с разбором и принятием мер)
		26	Организация контроля и учёта за выбегами температур и принимаемые меры
		27	Наличие инструкций и указаний персоналу при недопустимых отклонениях ВХР
		28	Наличие в программе спецподготовки вопросов надёжности поверхностей нагрева

"Матрица экспертной системы контроля и оценки эксплуатации котлоагрегатов ТЭС" позволяет получить и оценить полную картину по каждой электростанции и по полученным результатам строить программу действий и вырабатывать первоочередные меры, реализация которых позволит в свою очередь поднять уровень эксплуатации котельных установок и повысить их надежность.

В основу создания матрицы экспертной системы положен основной закон системного подхода, который требует на первом этапе использовать метод исследования, состоящий в расчленении общей проблемы надежности котельных агрегатов на составные элементы, состоящие из семи основных направлений поиска причин проблемы надежности котельного агрегата [8].

Семь направлений экспертной системы контроля включают в себя анализ широкого спектра основных условий и режимов эксплуатации и ремонта котельных установок. Они учитывают контроль и оценку качества и достаточности технической документации и инструкций для соответствующего персонала, уровня исполнения заданного НТД и РД регламента, достаточности используемых технических средств, технологических приемов и методов, средств диагностики и т.п.

Таким образом, экспертная система контроля и оценки состояния котлоагрегатов и условий их эксплуатации позволяет обеспечить методологический подход к исследованию и анализу причин повреждений и перейти к осмыслению концепции надежности котлов.

Однако разбиение проблемы на семь основных направлений еще не может обеспечить достаточную проводимость системы по глубине всех причин, породивших проблему. Поэтому каждое из направлений расчленено на элементарные (локальные) области.

Разбиение носит относительно условный характер, а количество локальных направлений обусловлено, с одной стороны стремлением охватить весь спектр факторов, влияющих на надежность, с другой стороны желанием не утяжелять систему и не усложнять ее восприятие. Каждое локальное направление позволит в более конкретной форме произвести контроль состояния и условий эксплуатации, а также выявить допущенные отклонения от требований НТД и РД. И здесь важно понять, что составлению научно-технических программ повышения надежности должен предшествовать этап приведения каждого направления в соответствие с требованиями НТД и РД.

Осуществление экспертизы и оценки является одним из элементов внутреннего аудита (самоаудита), осуществляемого собственными специалистами и техническими руководителями электростанций и вышестоящими хозяйствующим субъектами.

Экспертная система предполагает по каждому обследуемому направлению произвести оценку состояния по шкале от В до Н (где В - высший уровень; ВС - выше среднего; С - средний; НС - ниже среднего; Н - низший уровень). Система оценки не может быть инструментальной, она зависит от сравнения ситуаций: в одних случаях с требованиями ПТЭ и другой нормативно-технической и распорядительной документации, в другом - с состоянием оцениваемых направлений на других электростанциях.

Таким образом, общая оценка состоит из объективной части (где производится проверка полноты выполнения ПТЭ, НТД и РД) и субъективной (где производится сравнительная оценка состояния экспертами). Но, тем не менее, эта методика позволяет в достаточной степени объективно оценить ситуацию на электростанции и может сыграть решающую роль для выработки

и принятия мер и действий, направленных на повышение надежности котлоагрегатов.

Гарантией повышения объективности самооценки должно явиться, прежде всего, желание улучшить результат.

Характерной особенностью оценок направлений является то, что они с учетом объективно-субъективных подходов определяют не количественные значения, а качественную оценку "уровня соответствия направления задачам производства". При этом осуществляется выявление всех отклонений от требований НТД и РД и недостатков в осуществлении эксплуатационно-ремонтного обслуживания. По результатам проведенной экспертизы составляются и утверждаются мероприятия, направленные на устранение выявленных недостатков и повышение качества ремонта и эксплуатации котельных установок ТЭС. Оценка каждого рассматриваемого локального направления позволяет получить среднюю оценку по каждому из основных направлений и среднюю оценку "состояния и уровня эксплуатации тепломеханического оборудования" на электростанции.

Таким образом, общая оценка состоит из объективной части, где производится проверка полноты ПТЭ, НТД и РД, и субъективной, где выполняется сравнительная оценка состояния экспертами. Данная методика позволяет в достаточно точном приближении оценить реальную ситуацию и может сыграть решающую роль в принятии мер и действий направленных на повышение надёжности и продление ресурса металла поверхностей нагрева котлоагрегатов.

В заключении можно научно обоснованно управлять техническим состоянием оборудования и повысить эффективность его эксплуатации за счет следующих факторов:

- снижения эксплуатационных затрат на обслуживание и ремонт оборудования;
- снижения затрат на оплату труда ремонтного персонала при выполнении ремонтов хозяйственным способом;

- сокращения затрат на материалы и запасные части;
- повышения эксплуатационных возможностей объектов электроэнергетики.

Экономический эффект от внедрения непосредственно связан с периодичностью и содержанием выполняемых работ.

## **2.5 Выводы**

Для успешного применения рассмотренных выше методов реализации организационно-экономических резервов повышения эффективности технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятиях необходимы существенные изменения и отношение руководства к данной области деятельности, а также преобразования в организационной структуре служб технического обслуживания и ремонта оборудования.

Проверки состояния оборудования ТЭС и организации их эксплуатационно-ремонтного обслуживания, а также результаты расследования технологических нарушений показывают наличие серьезных недостатков, чему в значительной степени способствует несоблюдение ряда существенных положений и требований соответствующей нормативно-технической и распорядительной документации (НТД и РД). Это происходит по различным причинам, в том числе и из-за того, что по мере ротации и обновления кадров происходит утрачивание важных профессиональных качеств, необходимых для качественной эксплуатации, диагностики, технического обслуживания и ремонта котельных установок. Новые рабочие и инженерно-технические кадры в условиях, когда не обеспечивается преемственность профессиональных качеств, постигая профессию, достаточно часто повторяют ошибки предыдущих поколений.

В данном случае процесс управления ТОРО должен рассматриваться как процесс реализации ежегодно пересматриваемого пакета проектов по достижению ежегодно задаваемых уровней ключевых показателей эффективности. Любые мероприятия ТОРО должны быть направлены на

улучшение этих показателей, иначе они бесполезны. А полученные экономические результаты - это следствие изменения таких критериев.

Несмотря на достаточно длительный срок эксплуатации в различных компаниях систем ТОРО, реализованных на различных автоматизируемых процессах, достигнуть в полной мере тех впечатляющих экономических показателей, которые предполагались на этапах инициации и выполнения проектов на практике не удавалось. Все те положительные отчеты и отзывы, которые публикуются в средствах массовой информации и специализированных изданиях, не содержат конкретных экономических показателей, по которым можно было бы оценить результат внедрения систем управления ТОРО. Как правило, описываются лишь гипотетические эффекты и изменения типа - «повысилась прозрачность бизнеса», «улучшилась организация ТОРО» и т.п. Все эти улучшения по своей значимости не сопоставимы с теми затратами, которых требует сама разработка, внедрение и сопровождение подобных систем.

Для того что бы система была управляющей, а не просто учетной, необходимо кардинально изменить подход к самому представлению об управлении процессами ТОРО. Любая система только тогда становится управляющей, когда в ней есть четко обозначенный цикл – «Целеполагание» => «Планирование способов и методов достижения целей» => «Организация процесса достижения целей» => «Измерение результатов (значений целевых показателей)» => «Сравнение планируемых и достигнутых значений целевых показателей» => «Корректирующие действия по изменению либо планов достижения целей, либо самих значений целевых показателей». Только при таком подходе бизнес-процессы ТОРО из обременяющих могут стать процессами, способствующими росту доходности компании [9].

### 3 Проектирование информационной экспертно - аналитической системы технического обслуживания и ремонта

#### 3.1 Описание программного комплекса ЭИС

Экспертно-информационная система «ремонт энергетического оборудования» (далее система) реализует в себе шесть автоматизированных рабочих мест (АРМ) таблица 4.

Таблица 4 – Соответствие наименования АРМ и внутренней кодировки системы

№ п/п	Наименование АРМ	Внутренняя кодировка
1	Базовый АРМ	EIS
2	АРМ начальника цеха	Boss
3	АРМ инженера по ремонту энергетического оборудования ТЭС	Expert
4	АРМ мастера по ремонту энергетического оборудования ТЭС	Master
5	АРМ специалиста лаборатории металлов	Metalexpert
6	АРМ редактора системы	Editor
7	АРМ администратора системы	Admin

Таблица 5 – Права пользователей

№	Наименование операции	EIS	Boss	Expert	Master	Metalexpert	Editor	Admin
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Создание объекта	-	+	+	-	-	-	+
2	Удаление объекта	-	+	+	-	-	-	+
3	Просмотр объекта	+	+	+	+	+	-	+
4	Редактирование основных данных объекта	-	+	+	R	R	-	+
5	Просмотр метаданных объекта	-	+	+	R	R	-	+
6	Редактирование метаданных объекта	-	+	+	R	R	-	+
7	Копирование схемы метаданных из шаблонного объекта в существующий объект	-	-	-	-	-	-	+
8	Редактирование графических данных	-	+	+	R	R	-	+
9	Предварительный просмотр объекта	-	+	+	R	R	-	+
10	Печать объекта	-	+	+	R	R	-	+
11	Экспорт данных объекта	-	+	+	R	R	-	+
12	Создание и назначение задания	-	+	+	-	-	-	+



#### Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Выполнение задания	-	+	+	+	+	-	+
14	Изменение задания	-	+	+	+	+	-	+
15	Администрирование базы данных	-	-	-	-	-	-	+
16	Управление пользователями	-	-	-	-	-	-	+
17	Администрирование CMS	-	-	-	-	-	-	+
18	Управление справочником значений	-	-	-	-	-	+	+
19	Управление справочником метаданных	-	-	-	-	-	+	+
20	Редактирование шаблонов объектов	-	-	-	-	-	+	+
21	Редактирование печатных форм	-	-	-	-	-	+	+

Виды прав пользователей системы:

- «-» - отсутствие прав
- «R» - операция доступна, при наличие прав на объект
- «+» - наличие прав на данную операцию

Все АРМы реализованы в едином интерфейсе и различаются наличием либо отсутствием доступа к разделам системы, правами доступа к объектам системы и их данным.

Система "Ремонт энергетического оборудования" доступна в сети интернет по адресу <http://reo-tec1.energy-soft.ru/>

Для начала работы необходимо пройти процедуру авторизации в системе. Поля для ввода имени пользователя и пароля расположены на форме авторизации в нижней части главной страницы системы. Форма авторизации также содержит ссылки для регистрации в системе и восстановления учетных данных пользователя. Вид главной страницы системы приведен на рисунке 9.

Вы здесь: Главная



## О проекте

**Информационная система «Ремонт энергетического оборудования»** – автоматизированная система сбора, учета и обработки данных о ремонтных операциях поверхностей нагрева котлов ПК10Ш, котельного цеха Красноярской ТЭЦ-1. При проектировании, необходимо учесть возможность дальнейшего расширения информационной системы – от поверхностей нагрева, до всех ремонтируемых элементов, от котлов ПК10Ш, до всего котельного оборудования, от котельного оборудования, до всего оборудования ТЭЦ, от Красноярской ТЭЦ-1, до всех производственных единиц компании. Вышеуказанные преобразования будут реализованы в следующих версиях проекта.

Экспертная информационная система «Ремонт энергетического оборудования ТЭЦ» (далее «система», либо ЗИС) разрабатывается с целью автоматизировать сбор, хранение и обработку информации получаемой в ходе проведения любых ремонтных операций, производимых с оборудованием.

Данные по ремонтным операциям производимые с данным оборудованием на первом этапе проектирования будут структурированы и на их основе будут разработаны реляционные модели. Важным сопутствующим условием разработки моделей данных, является необходимость использования этой же модели данных, для другого оборудования, после заполнения необходимых справочников и классификаторов.

Элементами экспертной системы в данном проекте – является модуль поддержки принятия решений (МППР), предоставляющий информацию лицу, принимающему решения (ЛПР) о текущем состоянии энергетического оборудования, с целью оперативности и обоснованности принятия решения. В версии 1.0 реализация отчетов данного модуля будет ограничена, в соответствии с приложением 3 данного документа. В последующих версиях количество и качество отчетов системы изменится, в соответствии с пожеланиями заказчика.

Для связи с разработчиком воспользуйтесь электронным адресом: [geo@energy-soft.ru](mailto:geo@energy-soft.ru)

<input type="text" value="Логин"/>	<input type="text" value="Пароль"/>	<input type="button" value="Войти"/>
------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

☐ Запомнить меня    [Регистрация](#)    [Забыли логин?](#)    [Забыли пароль?](#)

©2018, Energy-soft. All right reserved.

## Рисунок 9 – главная страница системы

В системе реализованы следующие отчетные формы:

1. Формуляры – для заполнения графической и сварочной информации о проведенных манипуляциях над элементами системы
  - 1.1. К-1.1 Фронтной экран
  - 1.2. К-1.10 Малый барабан
  - 1.3. К-1.14 Коллектора пароперегревателя
  - 1.4. К-1.15 Соединительные трубы пароперегревателя
  - 1.5. К-1.17 Трубопроводы пароохладителя d133 и d108
  - 1.6. К-1.19 Трубопроводы аварийного слива и рециркуляции ВЭК
  - 1.7. К-1.1а Фронтной экран (гибы)
  - 1.8. К-1.2 Задний экран (нижняя часть)
  - 1.9. К-1.23 Водоопускные трубы боковых экранов (СО)
  - 1.10. К-1.24 Водоопускные трубы боковых экранов (ЧО)
  - 1.11. К-1.25 Соединительные и отводящие трубопроводы водяного экономайзера
  - 1.12. К-1.26 Пароотводящие трубы соленого отсека боковых экранов
  - 1.13. К-1.26ч Пароотводящие трубы чистого отсека боковых экранов

- 1.14. К-1.2А Задний экран. Фестон
  - 1.15. К-1.3 Трубы левого бокового экрана (соленый отсек)
  - 1.16. К-1.3чо Трубы левого бокового экрана (чистый отсек)
  - 1.17. К-1.4 Правый экран соленый отсек
  - 1.18. К-1.43 Камеры экранов и дренажи
  - 1.19. К-1.4чо Правый боковой экран чистый отсек
  - 1.20. К-1.5 Пароперегреватель I ступень
  - 1.21. К-1.5а Соединительные трубы барабанов
  - 1.22. К-1.6 Пароперегреватель II ступень
  - 1.23. К-1.6А Потолочный пароперегреватель
  - 1.24. К-1.7 Водяной экономайзер I-ступень
  - 1.25. К-1.8 Водяной экономайзер II-ступень
  - 1.26. К-1.9 Большой барабан
2. Отчетные акт и статистические формы – форма для заполнения, хранит информацию о ремонтах и исследованиях. Акт в отличие от статистической формы – имеет печатную формы для вывода;
- 2.1. Акт расследования технологического нарушения
  - 2.2. Визуальный и измерительный контроль(текст)
  - 2.3. Заключение по результатам исследования деформации металла
  - 2.4. Измерения твердости (простая таблица)
  - 2.5. Измерения твердости (таблица с группами)
  - 2.6. Капиллярная (цветная) дефектоскопия(текст)
  - 2.7. Отбор образцов(проб)
  - 2.8. Проверка толщины (таблица В1)
  - 2.9. Ультразвуковой контроль (шпильки)
  - 2.10. Ультразвуковой контроль (сварные соединения)
  - 2.11. Ультразвуковой контроль (таблица В1)
  - 2.12. Ремонт механизма – *статистическая форма*
  - 2.13. Ремонт поверхности нагрева – *статистическая форма*
  - 2.14. Программа исследования металла
  - 2.15. Программа по техническому диагностированию котла
  - 2.16. Программа по техническому диагностированию котла (В2)
  - 2.17. Стандартная ремонтная операция
3. Отчет – интерактивные формы для изучения статистической информации об объектах отчета;
- 3.1.Исследование поверхностей нагрева
  - 3.2.Состояние элементов объекта системы
  - 3.3.Статистика ремонтов объекта системы

### 3.1.1 Обзорщик объектов

Для входа в модуль необходимо выбрать в главном меню: «Ремонт оборудования → Обзорщик объектов».

### 3.1.2 Общий вид

На рисунке 10. представлен общий вид модуля «Обзорщик объектов». Слева расположено дерево объектов, слева информационный редактор. Каждый элемент имеет собственную панель инструментов. На рисунках 11 и 12 соответственно панели инструментов дерева объектов и информационного редактора.

При добавлении и удалении объектов всегда учитывается роль пользователя в системе – в случае если роль и ее права, а также преобразовании метаданных объекта.

Все операции сопровождаются всплывающими сообщениями об успехе, либо отказе системы в ее выполнении – сообщение в черном прямоугольнике в центральной нижней части экрана системы.

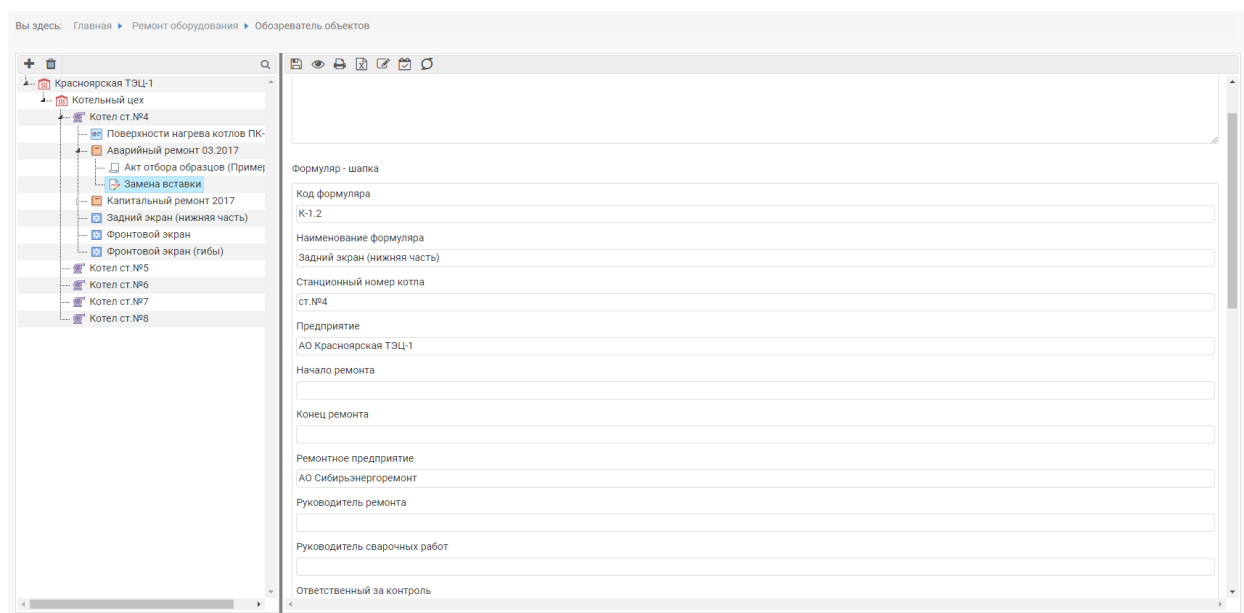


Рисунок 10 - общий вид модуля «Обзорщик объектов»

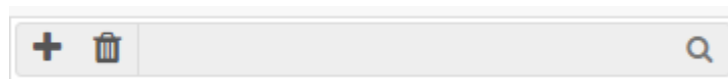





Рисунок 11 - панель инструментов дерева объектов

Таблица 6 – Назначение элементов панели инструментов «дерево объектов»

№	Символ	Назначение
1		Добавить объект в систему. Открывает окно диалога добавления объекта в систему.
2		Удалить объект из системы, с подтверждением. Не удаляет объект содержащий дочерние объекты
3		Поиск объекта в системе

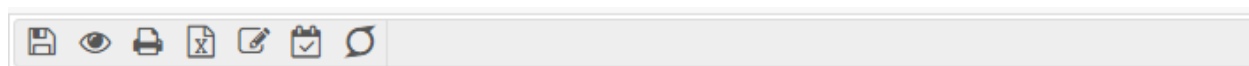









Рисунок 12 – Панель инструментов информационного редактора

Таблица 7– Назначение элементов панели инструментов «информационный редактор»

№	Символ	Назначение
1		Сохранить изменения в объекте системе и его метаданных. <b>Если не сохранить объект и переключить фокус в дереве объектов на другой, либо закрыть окно браузера – все изменения в объекте и его данных сохранены не будут!</b>
2		Переключение режима просмотра объекта в предварительный просмотр – так объект будет выглядеть при его печати. В случае если объект является отчетом – формирует и отображает отчет
3		Печать объекта
4		Экспорт данных объекта в XML-файл
5		Включение режима редактирования графических данных объекта (в текущей версии ПО только для объекта типа «Формуляр»)
6		Назначить задание, связанное с текущим объектом системы. Открывает диалоговое окно для назначения задания.
7		Синхронизация схемы метаданных объекта со схемой одного из шаблонов объекта. Открывает диалоговое окно синхронизации схемы метаданных. Доступно только пользователю с правами супер-администратора системы, из соображений сохранения целостности данных системы

### 3.1.3 Добавление объекта

Для добавления объекта необходимо (рисунок 13):

- выбрать, левой кнопкой мыши, в дереве объектов родительский объект;
- нажать кнопку «Новый объект» в панели инструментов дерева объектов;
- заполнить поля диалога «Создать новый объект»;
- нажать «Ок» - система создаст новый объект, либо «Отмена» - операция создания нового объекта будет прервана, диалоговое окно закроется.



Рисунок 13 – Диалоговое окно создание нового объекта в системе

Объекты в систему добавляются в строгом соответствии с иерархической схемой.

### 3.1.4 Удаление объекта

Для удаления объекта из системы необходимо:

- удалить все дочерние объекты;
- выделить удаляемый объект левой кнопкой мыши, в дереве объектов;
- нажать кнопку «Удаление объекта» в панели инструментов дерева объектов.

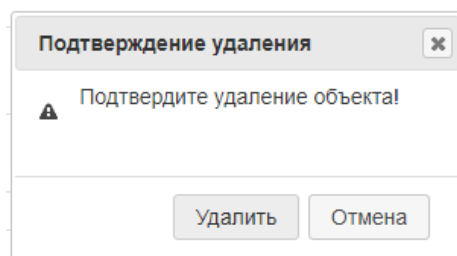


Рисунок 14 – Подтверждение удаления объекта из системы

### 3.1.5 Поиск объекта

Для поиска объекта в системе необходимо:

- навести курсор мыши на кнопку «Поиск объекта» в панели инструментов дерева объектов;
- в открывшемся текстовом поле поиска ввести поисковую фразу;
- нажать «Enter» - в дереве объектов будет выделен первый созданный объект с удовлетворяющим поисковому запросу наименованием;

- если объектов, с удовлетворяющим поисковому запросу наименованием, несколько – необходимо нажать «Enter» повторно – фокус выделенного объекта переместится на следующий объект. Операцию по данному подпункту необходимо повторять, до тех пор, пока не будет найден необходимый объект.

### **3.1.6 Наполнение объекта данными**

Все объекты имеют две части данных – стационарную (обязательные данные) и переменную (метаданные). Информационный редактор данных (как обязательных так и метаданных) представляет собой набор полей для редактирования упорядоченных сверху вниз. Каждое поле имеет наименование (расположены выше поля). Поля могут иметь типы:

- однострочный редактор;
- однострочный редактор с вводом данных в соответствии с маской;
- многострочный редактор;
- файловое поле (выбор наименования файла, расположенного на сервере, с возможностью загрузки файлов);
- справочное поле – поле заполняется данными на основе справочников системы .

Кроме этого поля могут быть сгруппированы в составные метаданные. Также метаданные любого типа (включая составные) могут быть объявлены массивами и содержать произвольное количество элементов – определяется пользователем, путем увеличения (кнопка «+»), либо уменьшения количества элементов (кнопка «-» , напротив удаляемого элемента).

После ввода данных, пользователю необходимо их сохранить – нажав соответствующую кнопку на панели инструментов информационного редактора. Соответственно в случае, если данные были введены (исправлены) ошибочно, достаточно не сохраняя объект сменить фокус выделенного объекта в дереве объектов, вернуть его назад. Объект восстановит свое первоначальное (до редактирования) состояние.

Набор метаданных каждого объекта формируется на основе объекта-шаблона, при создании объекта. В объекте шаблоне определяется схема данных объекта и значения данных по умолчанию.

### 3.1.7 Редактирование графических данных объекта

Редактор графических данных является частью информационного редактора. Для перехода необходимо нажать кнопку графического редактора в панели инструментов. Переход в редактор возможен только для объектов системы, типа «формуляр».

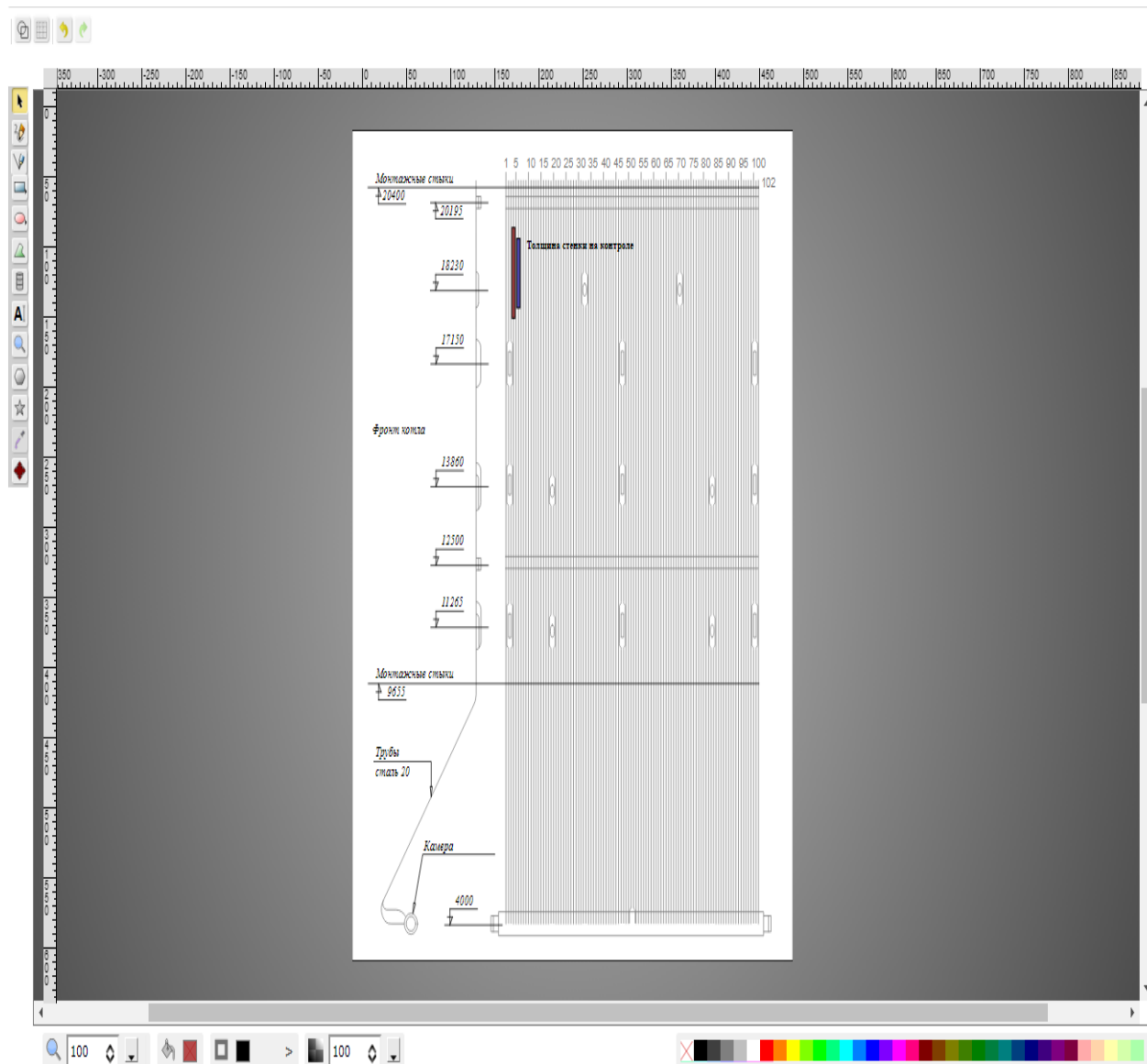


Рисунок 15 – Редактор графических данных



Общий вид редактора представлен на рисунке 15. Верхняя панель инструментов управляет режимами отображения и очередью команд (отмена и повтор последней команды) редактора. Левая боковая панель управляет режимом работы редактора: выбор графических примитивов, рисование, перемещение листа. Нижняя панель управляет настройками цвета, прозрачности, типом линий, а также масштабом изображения.

Все графические данные наносятся поверх заранее определенной графической части формуляра. В системе создан ряд уже готовых шаблонов формуляров котла ПК-10Ш. Также пользователь может самостоятельно создавать шаблоны формуляров, при необходимости и наличии соответствующих прав (см. раздел «редактор шаблонов объектов»). Формат поддерживаемых графических данных \*.svg. При этом назначенную часть графических данных в редакторе изменить нельзя.

Типичный пример использования редактора: необходимо создать в системе новый формуляр и внести информацию о проведенных сварочных работах.

Для этого необходимо выполнить ряд действия:

- создать в пределах произвольной ремонтной операции объект типа формуляр, назначить при этом ему ранее определенный шаблон (создание шаблонов см. раздел «редактор шаблонов объекта»);
- внести данные о сварочных работах в раздел данных нового объекта;
- переключить режим работы информационного редактора в режим редактора графических данных и нанести на формуляр необходимые изображения (возможно с текстом);
- проверить корректность внесенных данных и нажать кнопку «сохранить» на панели инструментов информационного редактора.

### **3.1.8 Предварительный просмотр объектов**

Данный режим предназначен для просмотра объектов, перед выводом их на печать. Отображение объекта представлено постранично.

Исключением являются объекты типа «отчет» - в данном режим отчеты формируются, интерактивно, исходя из запросов пользователя.

### 3.1.9 Печать объектов

Иницирует стандартную форму браузера и отправляет данные на печать. Для корректной печати необходимо – выбрать размер и ориентацию бумаги в соответствии с шаблоном печати объекта, и установить режим «без полей».

### 3.1.10 Экспорт объектов

После нажатия в панели инструментов кнопки «экспорт содержимого» - из браузера, стандартными средствами, будет произведена выгрузка данных текущего, выделенного объекта в виде XML-файла.

## 3.2 Назначение задания

При необходимости назначить задание, связанное с выделенным объектом, необходимо нажать соответствующую кнопку панели инструментов информационного редактора, заполнить форму нового задания, выбрав исполнителя, срок по заданию, наименование, описание задания и нажать кнопку «создать задание» диалогового окна «новое задание» - рисунок 16.

В случае если у пользователя не доступа к метаданной объекта, после назначения ему задания она станет ему доступна для чтения/записи – для возможности выполнения задания.

Рисунок 16 – Диалоговое окно – новое задание

### 3.2.1 Обзоратель заданий

Задания в системе назначаются другому пользователю системы (возможно назначение заданий самому себе) и временного открытия доступа к метайнформации объекта, связанного с заданием объекта. Схема бизнес-процесса представлена на рисунке 17.

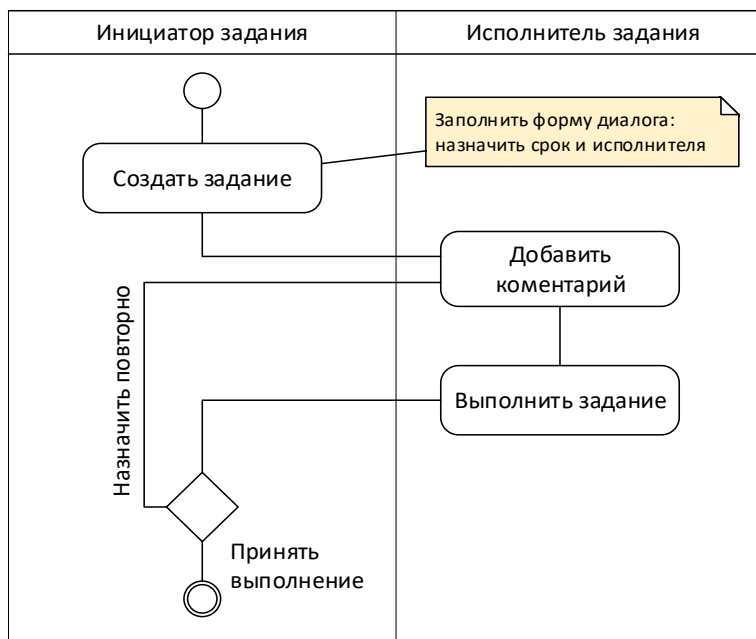


Рисунок 17 - БП задания в системе

Назначение заданий происходит в окне приложения «обзоратель объектов». В случае если текущему пользователю назначено задание, ему направляется электронное письмо и при открытии окна «обзоратель объектов» - отображается всплывающее диалоговое окно о назначенном задании.

Все остальные этапы обработки заданий происходят в разделе «обзорателе заданий», общий вид представлен на рисунке 18.

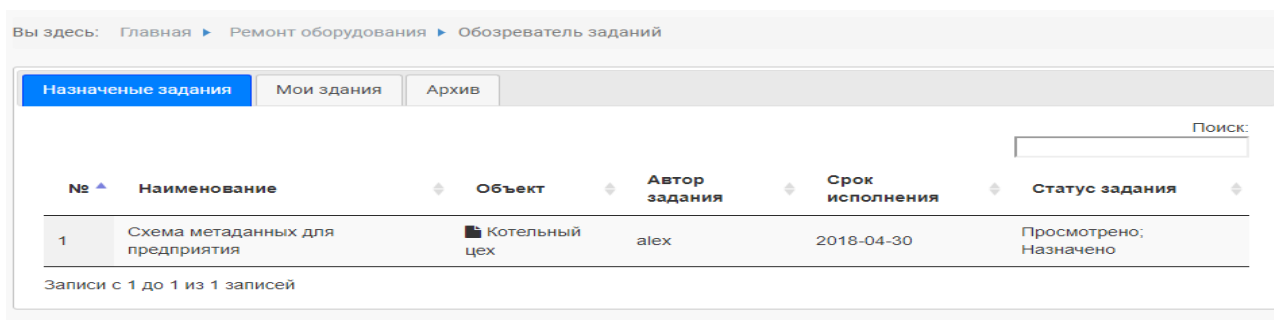


Рисунок 18 – Обзоратель заданий

Для работы с заданиями необходимо перейти в раздел системы «обозреватель заданий».

Возможны следующие действия с заданием:

- создание задания;
- просмотр трех типов заданий: выполняемых, назначенных и архивных;
- запись комментария в выполняемое задание;
- переход к объекту системы указанному в задании;
- выполнение задания;
- принятие либо повторное назначение задания.

Уже выполненные задания попадают в раздел заданий «Архив». По усмотрению пользователя можно либо оставить задание в системе, либо его удалить.

### **3.2.2 Справочник значений**

Справочник значений это предопределенные данные, структурированные в виде дерева и предназначенные для заполнения значений метаданных.

Использование справочника значений позволяет сделать процесс заполнения значений метаданных более быстрым и простым, определить допустимые значения, а также унифицировать данные, вводимые пользователем, что в дальнейшем упрощает их обработку.

При наличии прав доступа, для входа в модуль редактирования Справочника значений необходимо выбрать в главном меню: «Ремонт оборудования → Управление справочниками и шаблонами → Справочник значений».

### **3.2.3 Общий вид**

Редактор Справочника значений состоит из дерева значений, которое занимает основную область редактора и панели инструментов, расположенной над деревом значений. Общий вид модуля «Справочник значений» представлен на рисунке 19. Панель инструментов представлена на рисунке 20.

Дерево значений состоит из элементов. Элемент, не имеющий предков (самый верхний), называется корневым элементом. Для корневого элемента определена иконка в виде схематичного изображений дома, все остальные элементы дерева имеют иконку в виде изображения закрытой книги.

Элементы дерева значений, в контексте родительского элемента, сортируются по алфавиту.

Для выбора элемента необходима нажать на нем левой кнопкой мыши. Выбранный элемент выделяется цветом. Выбранный элемент может быть только один, множественный выбор и групповые операции над элементами запрещены. Операция создания, изменения и удаления выполняются для выбранного элемента.

Панель инструментов предназначена для выполнения операций над элементами дерева значений. Назначение элементов панели инструментов приведено в таблице 8.

Все операции сопровождаются всплывающими сообщениями об успехе, либо отказе системы в ее выполнении – сообщение в черном прямоугольнике в центральной нижней части экрана системы.

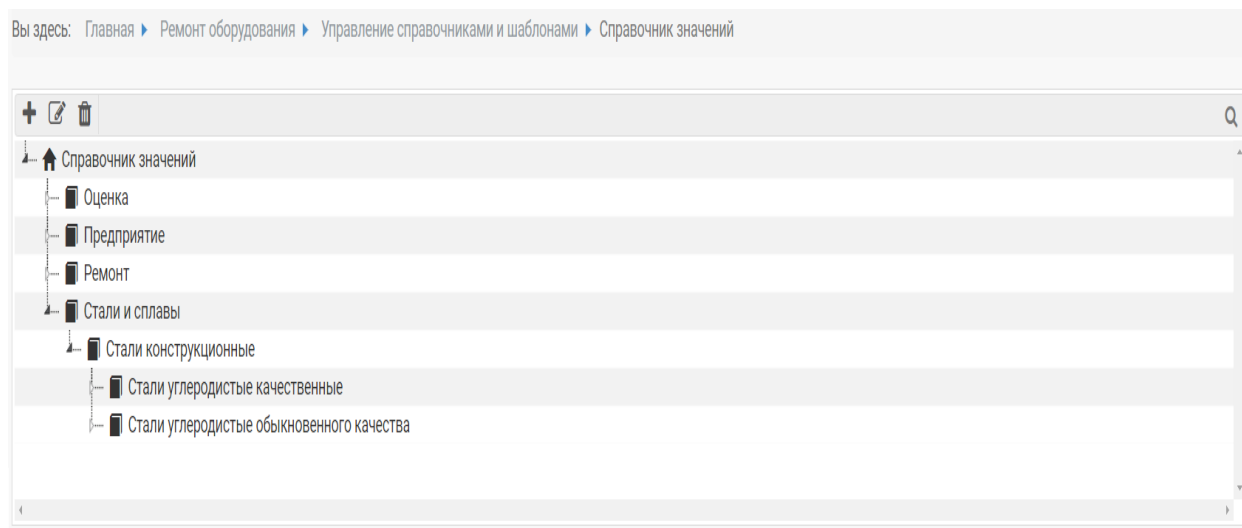


Рисунок 19 – Общий вид модуля «Справочник значений»

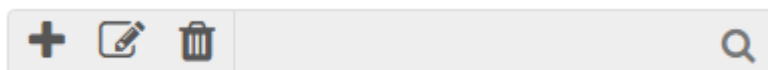






Рисунок 20 – Панель инструментов

Таблица 8 – Назначение элементов панели инструментов

№	Символ	Назначение
1		Добавить новый элемент
2		Изменить существующий элемент
3		Удалить элемент
4		Поиск элемента в дереве значений

### 3.2.4 Создание нового элемента

Для добавления нового элемента в дереве значений необходимо выбрать элемент родитель, и нажать кнопку «Добавить новый элемент».

После выполнения данной операции в дереве значений будет создан новый элемент. Для нового элемента будет присвоено значение по умолчанию «Новый элемент».

Правило сортировки элементов по имени, начинает действовать сразу после его создания, поэтому место расположения нового элемента будет зависеть от имени других элементов.

Созданный элемент становится выбранным. Это сделано для того, чтобы его легко было увидеть среди других элементов, а также сразу же изменить его значение.

### 3.2.5 Изменение элемента

Для изменения значения элемента необходимо выбрать его в дереве значений и нажать кнопку «Изменить существующий элемент» или клавишу «F2».

Изменение значение элемента осуществляется прямо в дереве значений. Для изменения значения достаточно ввести новое значение и нажать клавишу «Enter».

Необходимо помнить, что открыть для изменения можно любой элемент дерева значений, это сделано для того, чтобы была возможность скопировать значение элемента, но сохранить изменения возможно только для тех элементов, которые не задействованы при создании и заполнении метаданных.

### **3.2.6 Удаление элемента**

Для удаления элемента необходимо выбрать его в дереве значений и нажать кнопку «Удалить элемент».

После выполнения данной операции выбранный элемент будет удален.

Необходимо быть внимательным при удалении элемента. Удаление элемента не требует подтверждения.

В системе есть ограничения на удаление элементов. Невозможно удалить элементы, которые имеют дочерние элементы, а также элементы, которые задействованы при создании и заполнении метаданных.

### **3.2.7 Поиск элемента в дереве значений**

Поиск элемента в дереве значений осуществляется по загруженным узлам дерева.

Для выполнения поиска необходимо нажать кнопку «Поиск элемента», в открывшемся текстовом поле поиска ввести поисковую фразу и нажать клавишу «Enter».

После выполнения операции поиска все загруженные элементы дерева значений, имена которых включают в себя поисковую фразу, будут выделены красным цветом.

Для завершения поиска необходимо очистить текстовое поле для ввода поисковой фразы.

## **3.3 Справочник метаданных**

Метаданные – структурированные данные, представляющие собой характеристики описываемых сущностей для целей их идентификации, поиска, оценки, управления ими.

Совокупность всех определенных в системе метаданных образует Справочник метаданных. Модуль редактирования справочника метаданных предназначен для управления метаданными системы.

При наличии прав доступа, для входа в модуль редактирования Справочника метаданных необходимо выбрать в главном меню: «Ремонт оборудования → Управление справочниками и шаблонами → Справочник метаданных».

### 3.3.1 Общий вид

На рисунке 21 представлен общий вид модуля «Справочник метаданных». Слева расположено дерево метаданных, справа редактор свойств метаданных. Каждый элемент имеет собственную панель инструментов. На рисунках 22 и 23 соответственно панели инструментов дерева метаданных и редактора свойств метаданных.

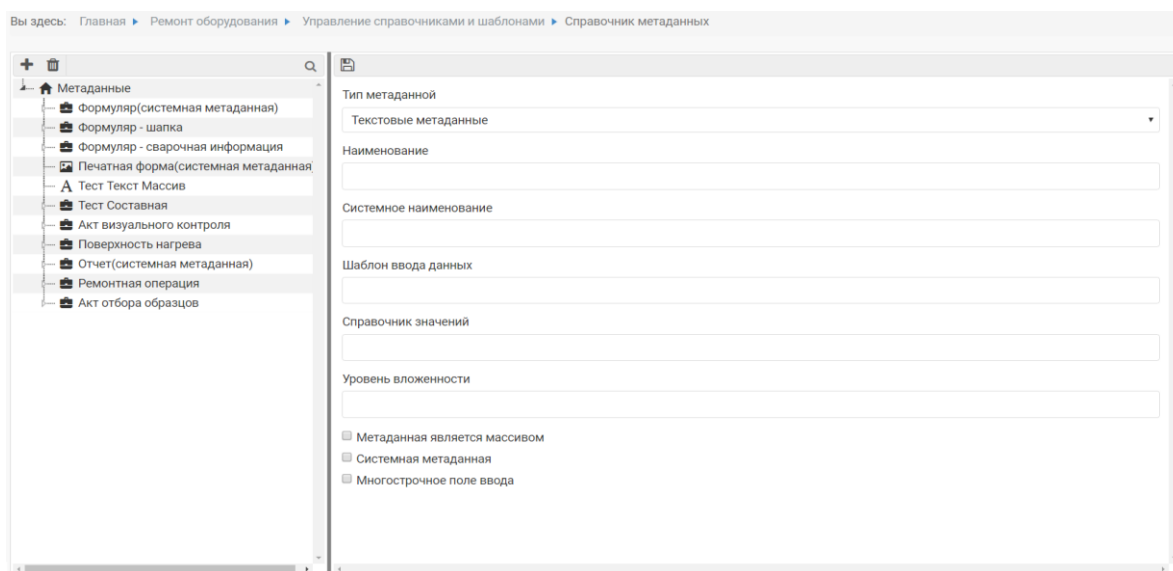


Рисунок 21 - Общий вид модуля «Справочник метаданных»

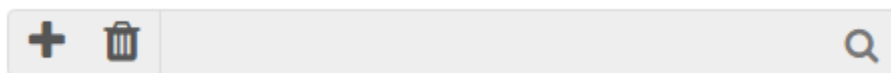


Рисунок 22 – Панель инструментов дерева метаданных

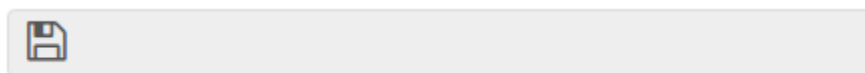


Рисунок 23 – Панель инструментов редактора свойств метаданных

Дерево метаданных состоит из метаданных. Метаданная, не имеющая предков (самая верхняя), называется корневой метададанной. Все метаданные




имеют иконку в соответствии со своим типом. Каждая метаданная имеет свойства, которые определяют правила установки значения метаданной и ее отображения. Свойства метаданных и их описание приведено в таблице 9.

Для выбора метаданной необходимо нажать на ней левой кнопкой мыши. Выбранная метаданная выделяется цветом. Выбранная метаданная может быть только одна, множественный выбор и групповые операции над метаданными запрещены. Операция создания и удаления выполняются для выбранной метаданной. В редакторе свойств метаданных отображаются свойства выбранной метаданной.

Таблица 9 – Свойства метаданных и их описание





№	Наименование	Описание
1	Тип	Определяет тип значения, которое будет хранить метаданная. Типы, определенные в системе, и их описание приведены в таблице 5.
2	Наименование	Отображаемое наименование метаданной. Используется для идентификации метаданной при работе с обозревателем объектов или редактором шаблонов объектов. Не допускается одинаковое наименование метаданных в контексте одной родительской метаданной
3	Системное наименование	Системное наименование метаданной используется при создании шаблонов печатных форм. Метаданная может не иметь системного наименования. Не допускается одинаковое системное наименование метаданных в контексте одной родительской метаданной
4	Шаблон ввода данных	Шаблон ввода данных определяет формат ввода текста. Доступно для изменения если тип Текстовые метаданные иначе заблокировано.
5	Справочник значений	Ссылка на источник данных в Справочнике значений. Доступно для изменения если тип Справочные метаданные или Справочные метаданные(полный путь) иначе заблокировано.
6	Уровень вложенности	Ограничивает отображение элементов Справочника значений по уровню вложенности элементов относительно источника данных. Доступно для изменения если тип Справочные метаданные или Справочные метаданные(полный путь) иначе заблокировано.
7	Метаданная является массивом	Признак массива позволяет пользователю создавать неограниченное количество копий метаданной и задавать им значения, при работе в обозревателе объектов или редакторе шаблонов объектов.
8	Системная метаданная	Признак системной метаданной скрывает метаданную при работе в обозревателе объектов. Метаданные с этим признаком предназначены для хранения системной информации.
9	Многострочное поле ввода	Для задания значения метаданной в обозревателе объектов и редакторе шаблонов объектов будет создано многострочное поле ввода. Доступно для изменения если тип Текстовые метаданные иначе заблокировано.

Таблица 10 – Типы метаданных и их описание

№	Наименование	Символ	Описание
1	Текстовые метаданные		Значение метаданной вводится с клавиатуры. Вводимое значение можно ограничить с помощью шаблона ввода данных.
2	Справочные метаданные		Значение метаданной выбирается из справочника значений. Выводит значение выбранного элемента.
3	Файлы		Значением метаданной является путь к файлу.
4	Составные метаданные		Составная метаданная не имеет значения. Но может включать в себя другие метаданные. Уровень вложенности метаданных не ограничен.
5	Справочные метаданные (полный путь)		Значение метаданной выбирается из справочника значений. Выводит, через запятую, значения всех промежуточных элементов от источника данных до выбранного элемента

Панель инструментов предназначена для выполнения операций над метаданными. Назначение элементов панелей инструментов дерева метаданных и редактора свойств метаданных приведено в таблице 11.

Таблица 11– Назначение элементов панелей инструментов

№	Символ	Назначение
1		Добавить новую метаданную
2		Удалить метаданную
3		Поиск метаданной по имени
4		Сохранить значение свойств метаданной

### 3.3.2 Добавление новой метаданной

Для добавления новой метаданной в дереве метаданных необходимо выбрать родительскую метаданную, и нажать кнопку «Добавить новую метаданную».

В качестве родительской метаданной может быть выбрана корневая метаданная или метаданная, которая имеет тип «Составные метаданные».

Для новой метаданной будет присвоено значение по умолчанию «Новое значение» и тип «Текстовые метаданные».

Созданная метаданная становится выбранной. Это сделано для того, чтобы ее легко было найти среди других метаданных, а также сразу же изменить значение ее свойств.

### **3.3.3 Изменение позиции метаданной**

В обозреватели объектов и редакторе шаблонов объектов метаданные выводятся в том порядке, в котором они расположены в дереве метаданных. Поэтому расположение метаданных в дереве относительно друг друга имеет значение с точки зрения последовательности внесения данных.

Изменение позиции метаданной выполняется с помощью ее перетаскивания. Для выполнения данной операции необходимо навести указатель мыши на имя метаданной, нажать левую кнопку мыши и не отпуская левой кнопки мыши, переместить метаданную на новую позицию. Процесс перетаскивания завершается после того, как левая кнопка мыши будет отпущена. Во время перетаскивания появляются подсказки, которые показывают новое расположение метаданной и возможность выполнения операции перемещения.

Перемещение метаданных допускается только внутри метаданной родителя.

### **3.3.4 Изменение значения свойств метаданной**

Изменение значения свойств метаданной осуществляется с помощью редактора свойств метаданных.

Изменение свойств возможно только для тех метаданных, которые не задействованы при создании объектов. В противном случае значение свойств будут отображаться, но будут недоступны для редактирования.

Для сохранения внесенных изменений необходимо нажать кнопку «Сохранить значение свойств метаданной».

### **3.3.5 Удаление метаданной**

Для удаления метаданной необходимо выбрать ее в дереве метаданных и нажать кнопку «Удалить метаданную».

Для выполнения операции удаления потребуется подтверждение.

После выполнения данной операции выбранная метаданная будет удален, со всеми вложенными метаданными.

В системе есть ограничения на удаление метаданных. Невозможно удалить метаданные, которые задействованы при создании объектов.

### **3.3.6 Поиск метаданной по имени**

Поиск метаданной в дереве метаданных осуществляется по загруженным узлам дерева.

Для выполнения поиска необходимо нажать кнопку «Поиск метаданной», в открывшемся текстовом поле поиска ввести поисковую фразу и нажать клавишу «Enter».

После выполнения операции поиска, все загруженные метаданные, имена которых включают в себя поисковую фразу, будут выделены красным цветом.

Для завершения поиска необходимо очистить текстовое поле для ввода поисковой фразы.

## **3.4 Редактор шаблонов объектов**

Шаблон объекта — это совокупность метаданных и их значений, которые будут переданы объекту при его создании, на основании данного шаблона.

Модуль редактирования шаблонов объектов предназначен для управления шаблонами объектов системы.

При наличии прав доступа, для входа в модуль необходимо выбрать в главном меню: «Ремонт оборудования → Управление справочниками и шаблонами → Редактор шаблонов объектов».

### **3.4.1 Общий вид**

На рисунке 24 представлен общий вид модуля «Редактор шаблонов объектов». Слева расположено дерево шаблонов объектов, справа информационный редактор. Каждый элемент имеет собственную панель

инструментов. На рисунках 25 и 26 соответственно панели инструментов дерева шаблонов объектов и информационного редактора.

Все операции сопровождаются всплывающими сообщениями об успехе, либо отказе системы в ее выполнении – сообщение в черном прямоугольнике в центральной нижней части экрана системы.

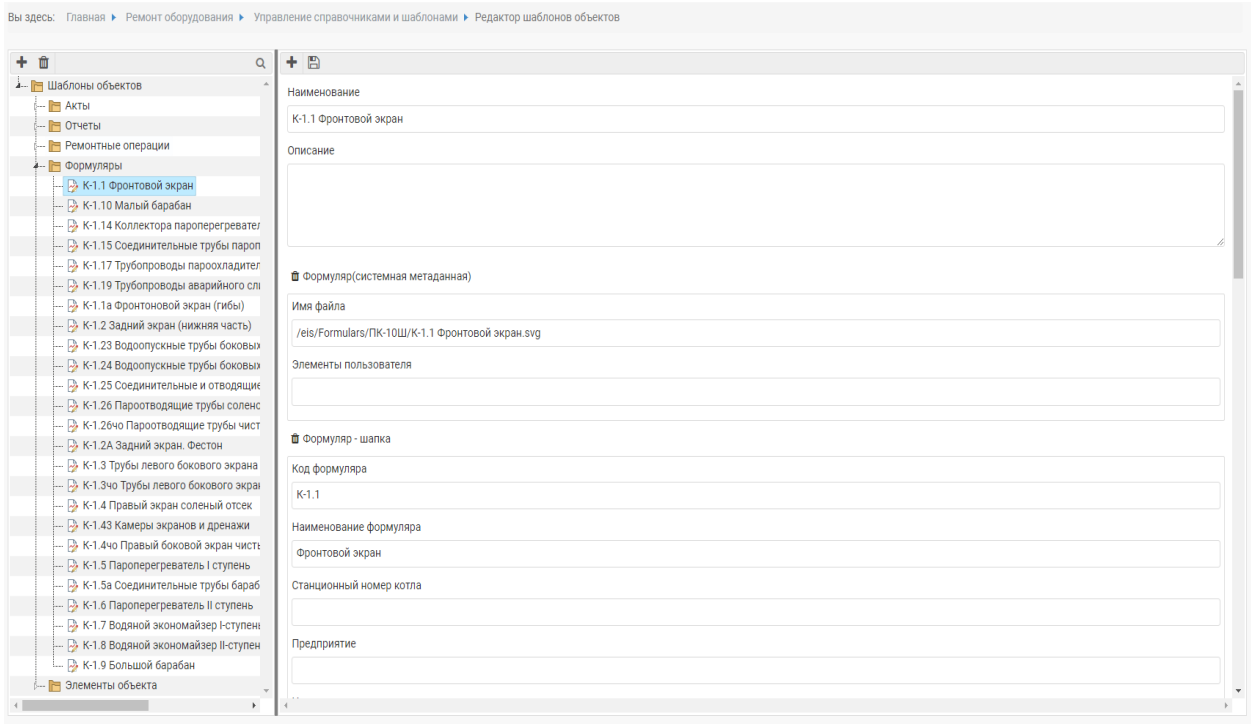


Рисунок 24 – Общий вид модуля «Редактор шаблонов объектов»

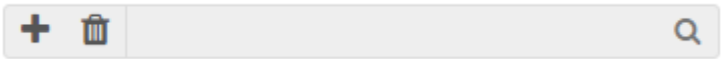


Рисунок 25 – Панель инструментов дерева шаблонов объектов

Таблица 12 – Назначение элементов панели инструментов «дерево шаблонов объектов»






№	Символ	Назначение
1		Добавить шаблон объекта в систему. Открывает окно диалога добавления объекта в систему.
2		Удалить шаблон объекта из системы, с подтверждением. Не удаляет объект содержащий дочерние объекты
3		Поиск шаблона объекта в системе



Рисунок 26 – Панель инструментов информационного редактора

Таблица 13 – Назначение элементов панели инструментов «информационный редактор»

№	Символ	Назначение
1		Сохранить изменения внесенные в шаблон объекта. <b>Если не сохранить шаблон объекта и переключить фокус в дереве объектов на другой, либо закрыть окно браузера – все изменения в объекте и его данных сохранены не будут!</b>
2		Добавление метаданной в шаблон объекта. Открывается окно диалога добавления метаданной.

Шаблон объекта, так же является объектом системы. Поэтому операции по созданию, изменению и удалению шаблонов объектов идентичны операциям с объектами.

### 3.4.2 Добавление шаблона объекта

Для добавления шаблона объекта необходимо выполнить следующие действия:

- выбрать, левой кнопкой мыши, в дереве шаблонов объектов родительский объект;

- нажать кнопку «Новый объекта» в панели инструментов дерева шаблонов объектов. Появится окно диалога добавление объекта в систему. Диалоговое окно добавления объекта в систему представлено на рисунке 27.

- заполнить поля диалога «Создать новый объект»;

- нажать «Ок» - система создаст новый шаблон объекта, либо «Отмена» - операция создания нового объекта будет прервана, диалоговое окно закроется.

Рисунок 27 – Диалоговое окно создание нового объекта в системе

### 3.4.3 Удаление шаблона объекта

Для удаления шаблона объекта из системы необходимо:

- удалить все дочерние объекты;
- выделить удаляемый объект левой кнопкой мыши, в дереве шаблонов объектов;
- нажать кнопку «Удаление объекта» в панели инструментов дерева шаблонов объектов.

Рисунок 28 – Подтверждение удаления объекта из системы

### 3.4.4 Поиск шаблона объекта

Для поиска шаблона объекта в системе необходимо:

- навести курсор мыши на кнопку «Поиск объекта» в панели инструментов дерева объектов;
- в открывшемся текстовом поле поиска ввести поисковую фразу;
- нажать «Enter» - в дереве объектов будет выделен первый созданный объект с удовлетворяющим поисковому запросу наименованием;


-если объектов, с удовлетворяющим поисковому запросу наименованием, несколько – необходимо нажать «Enter» повторно – фокус выделенного объекта переместится на следующий объект. Операцию по этому подпункту необходимо повторять, до тех пор, пока не будет найден необходимый объект.

### **3.4.5 Редактирование шаблона объекта**

Информационный редактор позволяет просматривать и вносить изменения в данные шаблона объекта.

Изменение обязательных полей данных осуществляется с помощью ввода соответствующего значения с клавиатуры. Способ изменения значения метаданных определяется их типом. Для текстовых метаданных это текстовое поле ввода значения. Для файловых метаданных это диалоговое окно выбора файла. Для справочных метаданных это диалоговое окно выбора значения из справочника.

Для добавления метаданной из справочника метаданных в информационный редактор необходимо нажать кнопку «Добавить метаданную», выбрать метаданные из справочника и нажать кнопку «Ок». После выполнения данной процедуры, указанная метаданная, появится в информационном редакторе.

Удаление метаданной из информационного редактора осуществляется с помощью нажатия кнопки «», расположенной около имени соответствующей метаданной. Будьте внимательны при удалении метаданных из информационного редактора. Удаление метаданной не требует подтверждения.

Для метаданных, которые являются массивом, допускается создание и удаление элементов. Для создания элемента необходимо нажать кнопку «+», расположенную напротив имени соответствующей метаданной. Для удаления элемента необходимо нажать кнопку «-», расположенную напротив удаляемого элемента.



Для сохранения изменений, внесенных в шаблон объекта необходимо нажать кнопку «Сохранить изменения», расположенную на панели инструментов информационного редактора.

### **3.5 Выводы**

В рамках работы над диссертацией была создана информационная экспертно - аналитическая система технического обслуживания и ремонта тепломеханического оборудования ТЭС [10 - 21]. Основная, реализованная в данной работе цель - автоматизация процессов сбора, хранение и обработки информации получаемой в ходе проведения любых ремонтных операций, производимых с оборудованием котельного цеха Красноярской ТЭЦ-1.

В качестве площадки и объекта пилотного проекта использован котел ПК-10Ш производства Подольского котельного завода, эксплуатируемый в котельным цехе Красноярской ТЭЦ-1.

В данном разделе приведены основные сведения по работе с информационной экспертно-аналитической системой технического обслуживания и ремонта тепломеханического оборудования ТЭС.

### **4 Расчёт энергоэффективности затрат**

Эффективность энергосберегающих мероприятий определяется системой критериев, отражающих соотношение затрат на проведение мероприятий и результатов, получаемых на ТЭС или в АО-энерго от их осуществления.

В зависимости от масштабности и значимости мероприятий (реконструкция, техническое перевооружение, модернизация, организационно-технические мероприятия) используются простые (без учета фактора времени) или интегральные (дисконтированные) критерии их экономической эффективности.

Простые критерии целесообразно применять при оценке эффективности малозатратных мероприятий, характеризующихся следующим:

- единовременные затраты на проведение мероприятия осуществляются в сроки менее 1 года;

- достигнутые вследствие проведения мероприятия технико-экономические результаты и дополнительные годовые эксплуатационные издержки, вызванные внедрением мероприятия, остаются неизменными в течение последующих лет эксплуатации [22].

Для малозатратных мероприятий результаты экспресс-оценочного расчета достаточны для принятия решения о целесообразности проведения мероприятий [22].

Учитывая, то, что предлагаемые в данной работе мероприятия не носят капитального характера и не предполагают, на первом этапе, внесения изменений в конструкцию оборудования и изменения схемы сбора информации, использование для оценки экономической эффективности по описанной в [22] методике является наиболее приемлемой.

#### **4.1 Техничко – экономические показатели в результате внедрения энергосберегающих мероприятий на ТЭС.**

Алгоритм устанавливает единый порядок расчета основных технико-экономических результатов осуществления на ТЭС энергосберегающих мероприятий.

Технико-экономические результаты энергосберегающих мероприятий, предлагаемые в данной работе, могут привести к экономии топливно-энергетических ресурсов непосредственно на электростанции и улучшить экономичность работы предприятия.

Предлагаемый к реализации малозатратный механизм повышения технико-экономических показателей станции, приведёт к сбережению топлива на электростанции при наличии на ней нескольких групп основного оборудования, из-за повышения надежности работы оборудования, а также к увеличению продолжительности межремонтного периода.

## **4.2 Предотвращение снижения балансовой прибыли вследствие повышения надежности оборудования ТЭС.**

Повышение надежности оборудования ТЭС (снижение количества технологических нарушений с полным или частичным сбросом нагрузки) в зависимости от ситуации может повлечь за собой следующие частные экономические результаты:

- предотвращение убытков (снижение прибыли) ТЭС, вызываемых недоотпуском ТЭС электрической и тепловой энергии;
- предотвращение убытков ТЭС, вызываемых расходом топлива на внеплановые пуски основного оборудования в случае его аварийного отключения;
- предотвращение убытков ТЭС, вызываемых проведением восстановительных (аварийных) ремонтов [22].

### **4.2.1 Расчёт балансовой прибыли вследствие повышения надежности оборудования ТЭС.**

Для расчёта балансовой прибыли выбрана тепловая электрическая станция, входящая в группу компаний ООО "Сибирская генерирующая компания", описанная в разделе 2 – Назаровская ГРЭС, имеющая высокие показатели по аварийности.

Учитывая, то, что объём затрат на ремонт отказавшего оборудования в течении последних четырёх лет снижается, при этом отказы котельного оборудования, связанные с разрушением поверхностей нагрева остаются на достаточно высоком уровне и проведение малозатратных, не требующих больших капитальных вложений сможет привести к значительному увеличению балансовой прибыли.

Для расчёта использованы фактические технико-экономические показатели достигнутые в 2017 году. При расчёте использованы допущения позволяющие определить значение по предотвращённому недоотпуску

тепловой и электрической энергии, кроме того в расчётах использованы регулируемые тарифы установленные в [23, 24].

Таблица 14 – Техничко-экономические показатели Назаровской ГРЭС по итогам 2017 года.

Показатель	Единица измерения	Условное обозначение	Значение показателя
1	2	3	4
1.Предотвращенный недоотпуск энергии: электрической тепловой	млн. кВт·ч тыс. Гкал	$\Delta W_{\text{нед}}$ $\Delta Q_{\text{нед}}$	30 36
1.Предотвращенный недоотпуск энергии: электрической тепловой	млн. кВт·ч тыс. Гкал	$\Delta W_{\text{нед}}$ $\Delta Q_{\text{нед}}$	30 36
2.Норма пусковых расходов: котлов турбин энергоблоков	т у.т. т у.т. т у.т.	$B_{\text{нк}}$ $B_{\text{нт}}$ $B_{\text{нб}}$	26,6 7.3 36.8
3.Предотвращенное число отказов: котлов турбин энергоблоков	- - -	$z_1$ $z_2$ $z_3$	12 4 8
4. Число однотипных: котлов турбин энергоблоков	- - -	$m_1$ $m_2$ $m_3$	12 6 6

## Окончание таблицы 14

1	2	3	4
5. Удельный расход топлива на отпуск энергии: электрической тепловой	г/(кВт·ч) кг/Гкал	$B_{эл}$ $B_T$	396,424 183,426
6. Коэффициент потерь в сетях: электрических тепловых	- -	$\beta_{эл}$ $\beta_T$	0,09 0,06
7. Средний тариф на отпуск энергии: электрической тепловой	руб/(кВт·ч) руб/Гкал	$T_{эл}$ $T_T$	0,76789 1 159,39
8. Единовременные затраты на проведение мероприятия	тыс. руб.	$K_m$	500,0
9. Норма амортизации	%	$\alpha_{ам}$	7,609
10. Суммарные эксплуатационные расходы, вызванные проведением мероприятия (в том числе амортизационные отчисления)	тыс. руб. тыс. руб.	$\Delta U_{сум}$ $\Delta U_{ам}$	38,05 38,05
12. Цена 1 т топлива в условном исчислении	тыс. руб/т у.т.	$\Pi_T$	1,70506
13. Процент налогов и отчислений	%	$\gamma$	30,2

#### 4.2.1.1 Расчет годового прироста балансовой прибыли при проведении мероприятий направленных на предотвращение отказов (внеплановых пусков) оборудования

Таблица 15 – Расчет годового прироста балансовой прибыли

1. Экономия топлива в условном исчислении:			
на котлах и турбинах	т у.т.	$\Delta B_{\text{кт}} = B_{\text{нк}} z_1 m_1 + B_{\text{нт}} z_2 m_2$	$26,6 \cdot 12 \cdot 12 + 7,3 \cdot 4 \cdot 6 = 4005,6 \text{ т.у.т.} (1)$
на энергоблоках	т у.т.	$\Delta B_{\text{б}} = B_{\text{нб}} z_3 m_3$	$36,8 \cdot 8 \cdot 6 = 1766,4 \text{ т.у.т.} (2)$
2. Стоимость сэкономленного топлива:			
на котлах и турбинах	тыс. руб.	$\Delta C_{\text{ткт}} = \Delta B_{\text{кт}} \Pi_{\text{т}}$	$4005,6 \cdot 1,70506 = 6829,79 \text{ тыс.руб.} (3)$
на энергоблоках	тыс. руб.	$\Delta C_{\text{тб}} = \Delta B_{\text{б}} \Pi_{\text{т}}$	$1766,4 \cdot 1,70506 = 3011,82 \text{ тыс.руб.} (4)$
3. Годовой прирост балансовой прибыли:			
на котлах и турбинах	тыс. руб.	$\Delta \Pi_{\text{б.кт}} = \Delta C_{\text{ткт}} - \Delta U_{\text{сум}}$	$6829,79 - 38,05 = 6791,74 \text{ тыс.руб.} (5)$
на энергоблоках	тыс. руб.	$\Delta \Pi_{\text{б.б}} = \Delta C_{\text{тб}} - \Delta U_{\text{сум}}$	$3011,82 - 38,05 = 2973,77 \text{ тыс.руб.} (6)$

#### 4.2.1.2 Расчет экономической эффективности

Произведём расчёт экономической эффективности при проведении мероприятий направленных на предотвращение отказов (внеплановых пусков) оборудования.

1. Годовой прирост чистой прибыли составит:

- на котлах и турбинах

$$\Delta \Pi_{\text{чкт}} = \Delta \Pi_{\text{бкт}} \left( 1 - \frac{\gamma}{100} \right) = 6791,74 (1 - 0,302) = 4740,63 \text{ тыс.руб.} (7)$$

- на энергоблоках

$$\Delta\Pi_{\text{чб}} = \Delta\Pi_{\text{бб}} \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) = 2973,77(1 - 0,302) = 2075,69 \text{ тыс. руб. (8)}$$

#### **4.2.1.3 Срок окупаемости единовременных затрат на проведение мероприятия**

Произведём расчёт срока окупаемости единовременных затрат на проведение мероприятий направленных на предотвращение отказов (внеплановых пусков) оборудования, который составит:

- на котлах и турбинах

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{м}} / (\Delta\Pi_{\text{чкт}} + \Delta U_{\text{ам}}) = 500 / (4740,63 + 38,05) = 0,105 \text{ года (9)}$$

- на энергоблоках

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{м}} / (\Delta\Pi_{\text{чб}} + \Delta U_{\text{ам}}) = 500 / (2075,69 + 38,05) = 0,237 \text{ года (10)}$$

### **4.3. Выводы**

Основным принципом формирования эффективной Программы энергосбережения является максимизация отношения объемов экономии топлива и энергии к затратам на реализацию энергосберегающих мероприятий.

Учитывая малозатратность и сравнительно небольшой срок окупаемости данного проекта, можно значительно повысить надёжность работы основного оборудования и снизить финансовые риски. В целом, на примере одной станции, снизив вероятность возникновения аварий на котельном оборудовании на 10%, можно получить увеличение выработки тепловой и электрической энергии, а также экономию топлива и, как следствие, годовой прирост чистой выручки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность и надежность работы энергетического оборудования во многом определяется уровнем эксплуатации технических устройств. Один из малозатратных способов повышения надёжности работы оборудования ТЭС - это анализ накопленных отчётных и диагностических данных, для обобщения выводов, формирования мотивированного мнения и принятия управленческих решений по их реализации на технологическом оборудовании ТЭС.

В первой части работы приведен анализ причин техногенной аварийности в РФ и одной из крупнейших энергетических компаний России ООО "Сибирская генерирующая компания". В основном определены причины аварийности на котельных установках, в частности на поверхностях нагрева.

Проведен анализ существующих информационно-аналитических и экспертных систем технического обслуживания и ремонта, эксплуатирующиеся на предприятиях ТЭК России, рассмотрены их положительные и отрицательные стороны.

В основной части работы представлено описание информационной экспертно-аналитической системы, определён состав основных частей и разделов программного комплекса, описан порядок работы с информационным ресурсом включённым в систему.

Основным назначением использования, разрабатываемого программного комплекса является сбор, хранение и анализ информации получаемой в процессе технического обслуживания и ремонта оборудования станций для её использования в процессе ремонта и эксплуатации оборудования, снижение затрат времени на поиск и сбор информации, что сможет значительно повысить производительность труда персонала.

Выполнен экономический расчёт, связанный с возможным внедрением на одной из станций, с высоким риском возникновения аварий. Результат экспресс-расчёта показал высокую эффективность разработки и очень короткий срок окупаемости. Система передана в опытную эксплуатацию на Красноярскую ТЭЦ-1.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Красноярское общественное объединение "Плотина.Нет!" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.plotina.net/experts/kudryavy-2009/>.
2. Сайт Министерства энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения 19.04.2018 г.)
3. Сайт Совета производителей энергии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.np-sr.ru/ru/glossary/item/dpm-dogovor-o-predostavlenii-moshchnosti> (дата обращения 04.04.2018 г.).
4. Сайт Министерства энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/561> (дата обращения 01.04.2018 г.)
5. Баринов, А.А. Перспективы развития электроэнергетики России // Анализ и прогнозы. – 2010. – №3 (322). – С. 13-14.
6. Прядченко, Д.В. Анализ аварий паровых котлов высокого давления и причин их вызывающих // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №3/1 (45). – 20-24.
7. Паули, В.К. О малозатратном механизме обеспечения эксплуатационной надёжности котлоагрегатов ТЭС // Электрические станции. - 1997. - №7. – 38-45.
8. Паули, В.К., Экспертная система контроля и оценки условий эксплуатации котлоагрегатов ТЭС // Электрические станции. - 1997. - №5. – 38-41.
9. Сайт SAPLAND [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sapland.ru/kb/blogs/1-rol-i-znachenie-protsessov-upravleniya-tehnicheskimi-obsluzhivaniem-i-remontom.html> (дата обращения 08.05.2018 г.)

10. Исследовательский центр портала Superjob.ru [Электронный ресурс] / Системный администратор. Обзоры зарплат. 2009.— Режим доступа: <http://www.superjob.ru/research/articles/1153/sistemnyj-administrator>.
11. Лебедева, А. [Электронный ресурс] / Управление ИТ-активами, от теории к практике. 2011. – Режим доступа: [http://www.landesk.ru/landesk2011/ITAM from theory to practice](http://www.landesk.ru/landesk2011/ITAM%20from%20theory%20to%20practice).
12. Есипов, В.Е. Цены и ценообразование . Учебник для вузов, 4-е изд. – СПб.; Питер, 2006 – 560 с.
13. Шаньгин, В.Ф. Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства /В.Ф. Шаньгин. ДМК Пресс, 2008.– 544 с.
14. Кокин, Ю.П. Экономика труда: учебник – 2е изд. / под ред. проф. Ю.П. Кониной, проф. П. Э. Шмидера, перераб. и доп. – М.: Магистр, 2008. – 686 с.
15. ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению; введ. 01.01.80 – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 2 с.
16. ГОСТ 19.505.79 Единая система программной документации. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению; введ. 01.01.80. М. : Изд-во стандартов, 1981. – 2 с.
17. Соммервилл, И. Инженерия программного обеспечения, 6-е издание.: Пер.с англ.– М.: Издательский дом "Вильямс",2002.– 624 с.
18. Мескон, М. Основы менеджмента: пер. с англ./ , Майкл Альберт, Франклин Хедоури; [общ. ред. Л. И. Евенко].– М.: Дело,2006.– 720 с.
19. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. : Пер. с англ. – СПб.: Бином, 1998. – 560 с.
20. Дж. Датчер. [Электронный ресурс]. CR.010 PROJECT MANAGEMENT PLAN. 2003. Режим доступа: [http://www.dutcher.net/JamesDutcher/a\\_data/JMDCredentials/SampleDeliverables/OracleWINEISIT\\_PROJECT\\_MANAGEMENT\\_PLAN](http://www.dutcher.net/JamesDutcher/a_data/JMDCredentials/SampleDeliverables/OracleWINEISIT_PROJECT_MANAGEMENT_PLAN).

21. Васильев, Р.Б. [Электронный ресурс] Разработка ИТ-стратегии. 2009. Режим доступа: [http://www.intuit.ru/department/ itmngt/devitstrat](http://www.intuit.ru/department/itmngt/devitstrat)
22. РД 153-34.1-09.321-2002 Методика экспресс-оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий на ТЭС - введ.01.03.2003 - Москва: Служба передового опыта ОРГРЭС, 2003. - 71 с.
23. Приказ от 22.12.2017 г. №1759/17 Федеральной антимонопольной службы "Об утверждении цен (тарифов) на электрическую энергию на 2018 год, поставляемую в условиях ограничения или отсутствия конкуренции при ведении государственного регулирования". Зарегистрирован в Министерстве Юстиции Российской Федерации №49519 от 28.12.2017 г.
24. Приказ от 18.12.2017 г. №1721/17 Федеральной антимонопольной службы "Об утверждении цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), поставляемую в ценовых зонах оптового рынка субъектами оптового рынка - производителями электрической энергии (мощности) по договорам, заключенными в соответствии с законодательством Российской Федерации с гарантирующими поставщиками (энергоснабжающими организациями, энергосбытовыми организациями, к числу покупателей электрической энергии (мощности) которых относится население и (или) приравненные к нему категории потребителей), в целях обеспечения потребления электрической энергии населением и (или) приравненными к нему категориями потребителей, а также определённые Правительством Российской Федерации субъектами оптового рынка - покупателями электрической энергии (мощности), функционирующими в отдельных частях ценовых зон оптового рынка, для которых Правительством Российской Федерации установлены особенности функционирования оптового и розничных рынков, на 2018 год". Зарегистрирован в Министерстве Юстиции Российской Федерации №49518 от 28.12.2017 г.